

電腦數值控制切削中心機能力本位訓練教材

選擇刀具

編號：PMT-NCM0602

編著者：黃寶建

審稿者：趙志揚、張訓臣、陳天送

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

單元 PMT-NCM0602 學習指引

當你學習本單元之前，你必須精通下列相關知識和技術能力：一般操作之安全規則及認識基本刀具，這些單元的了解，將有助於你學習本單元。

※ 假如你沒有具備上列之工作能力，請將本教材放回原位，並取出編號 PMT-NCM0601 等教材開始學習，或去請你的老師。

※ 如果你已具備上列之工作能力，請你開始學習本單元之內容，本單元將引導你熟悉電腦數值控制切削中心機之切削條件及選擇刀具。

本單元包括下列內容

引言	1
定義	2
學習目標	3
學習活動	4
學習活動一：瞭解切削中心機切削條件選用的要領，並且能夠正確地計算出切削速度之有關數據。	5
學習活動二：正確地寫出銑刀之各部位名稱，並且能夠正確說出銑刀的刃角功能及選用要領。	20
學習活動三：瞭解切削中心機之切削刀具系統，並且能夠正確地說出刀把之各部位名稱及種類。	31
學習活動四：能夠正地說出國際標準規格中，捨棄式刀片編號之意義。	43
※ 假如你已具備本單元相關知識之能力，請翻到第 55 頁，進行單元學後評量。	

引言

電腦數值控制切削中心機在加工過程中，刀具扮演極重要的角色，切削條件、工件材質及工作性質的改變，都會影響刀具之選用。而切削刀具系統，成爲切削中心機工作中的靈魂，所有的切削加工，必須依賴刀具系統中之各式刀把及刀具，來做切削工作，移除工件多餘的材料，使被削材料，經由切削中心機的程式執行，在最短的時間內，轉變成各式各樣，富於變化的半成品及成品。一個優秀的電腦數值控制切削中心機之操作人員，除了對 CNC 切削中心機之性能、原理、操作及程式必須熟練外，對於切削刀具更須加以研究，才可使切削加工達到事半功倍的成效，提昇工作效率，增加產品的附加價值，正是現代化產業所追求的目標之一，想達成此目標，善於選擇適合的切削刀具，將是幫助製造業者，達成此目標的推手，你若想進一步對切削刀具有更深入的認識，做爲選擇刀具的參考，請你往下繼續學習，相信你的努力是不會白費的，所謂的「努力者必有成」的道理，將會再一次被你證明。

定義

刀具壽命：刀具在切削過程中，會因為工件及排出切屑的阻抗、摩擦而發生磨損，若磨損到某一程度，以致於刀具無法達到要求的功能，而必須再行研磨或丟棄時，其經歷的時間稱作刀具的壽命。

搪孔頭：銑床或切削中心機，內孔加工的工具之一，可裝上搪孔刀，旋轉來加工孔徑，其結構能微調搪刀之尺寸，其調整量可達 0.005mm 或 0.01mm 之精度。

學習目標

- 一、不參考任何資料或書籍，你能夠瞭解電腦數值控制切削中心機之切削條件選用的要領，並且能夠正確地計算出切削加工中切削速度之有關數據。
- 二、不參考任何資料或書籍，你能夠正確地寫出銑刀各部位之名稱，並且能夠正確地說出銑刀的刃角功能及選用要領。
- 三、不參考任何資料或書籍，你能夠瞭解電腦數值控制切削中心機之切削刀具系統，並且能夠正確地說出刀把之各部位名稱及刀把之種類。
- 四、不參考任何資料或書籍，你能夠正確地說出國際標準規格中，捨棄式刀片編號之意義。

學習活動

本單元的學習內容只有相關知識的學習，並無實際的技能操作，你可以由閱讀本教材之第 1 頁至第 50 頁去學習。

本單元學習活動總共包括下列四個活動，其說明如下：

學習活動一、瞭解切削中心機切削條件選用的要領，並且能夠正確地計算出切削速度之有關數據。

學習活動二、正確地寫出銑刀之各部位名稱，並且能夠正確地說出銑刀的刃角功能及選用要領。

學習活動三、瞭解切削中心機之切削刀具系統，並且能夠正確地說出刀把之各部位名稱及種類。

學習活動四、能夠正確地說出國際標準規格中，捨棄式刀片編號之意義。

學習活動一：

學習目標：

不參考任何資料或書籍，你能夠瞭解電腦數值控制切削中心機之切削條件選用的要領，並且能夠正確地計算出切削加工中切削速度之有關數據。

假如你認為能夠勝任以上學習目標的能力，請翻至第 16 頁，進行本學習目標之評量。
假如你需要更多學習的話，請翻到下一頁。

學習內容：

一、切削條件的設定

在銑削工作中，所謂的切削條件，包含下列三要素，即切削速度（銑削速度）、切削深度（銑削深度）及進給量與每一刀刀之切削量，這三個組成要素說明如下：

(一) 切削速度（銑削速度）

所謂切削速度係指在切削工作中，切削刀具刀刃上之一點，與工件之相對線速度，簡言之即工件與刀具間相對移動的速度，其單位為公尺／分 (m/min)。切削速度增加，可以得到較平滑的表面粗糙度，但是增加到某一切削速度後，可能會使工件的表面又變得粗糙些。這是形成積屑刀口（俗稱刀瘤）的緣故，它會隨著工件材質及不同的刀具材質而有所差異。若速度再繼續增快，工件的表面又再趨於平滑，如圖 1 之說明：

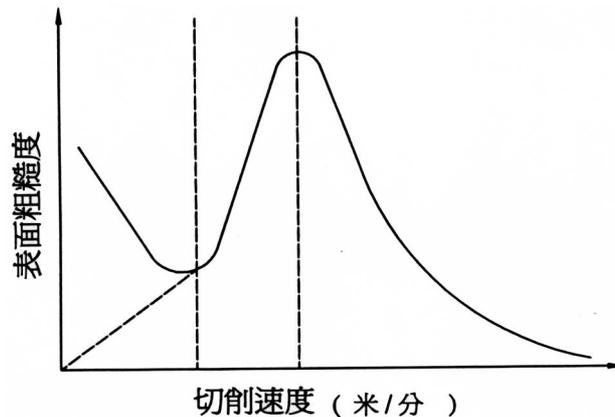


圖 1 表面粗糙度和切削速度的一般變動

切削速度愈快，加工時間就可愈短，但是刀具壽命可能會相對地縮短。影響切削速度所必須考慮的因素，如下列之說明：

1. 刀具的材質：刀具之材質愈硬，切削速度就愈大，例如高速鋼的高溫硬度較碳化物刀具為低，故前者的切削速度就比後者來得低。同理，陶瓷刀具的切削速度更可高些。但是碳化物刀具的韌性差，故宜於高速輕切削。
2. 刀具的角度：如果斜角大，刀鋒銳利，則刀具的切削性能良好，切削速度隨而可以增加。但是斜角若是太大，刀具的壽命也會相形地縮短，切削速度也就不能太快。所以斜角的大小須由工件、進給、切削深度與切削速度、刀具壽命等因素折衷定之。其它的如間隙角大，刀具與工件的磨擦小，刀具壽命增長。若是太大，則刀鋒的角度小，此時就必須調整切削速度，以維持刀具壽命。

3. 進給量及切削深度：進給(feed)係指切削刀具或是工件每轉一周或是每一往復循環，或每單位時間中，切削刀具能夠穿入工件的數量。而切削深度(depth of cut)則為切削刀具進入工件的深度。
進給量增大，會增加切屑的厚度。若切削深度大，則切屑的寬度增加，因而增大切削的阻力，加速減短刀具的堪用度。特定刀具會有著特定的壽命曲線，因而必須降低切削速度。
4. 刀具的壽命曲線：特定刀具的壽命與切削速度、進給率等切削參數之間存在著某些特定關係曲線。故若欲快速切削，刀具壽命就會縮短。
5. 被切削工件材質及切削方式：工件材料的抗拉強度、硬度等機械性質以及熱傳導係數等物理性質對於切削速度的影響很大。如果硬度等增高或熱傳係數降低，則必須減慢切削速度。又如果工件的表皮堅硬（例如鍛造品及鑄造品的表皮）亦須降低切削速度。總之，易切削材料當然可用較高的切削速度。
6. 切削劑之使用：使用切削劑可以降低切削所發生的溫度，增長刀具壽命，沖走切屑，因而可使用較高的切削速度。
7. 工具機的能力以及切削之性質：如粗切削、精切削等各種不同的加工方法都會影響到切削速度。

上述影響切削速度的因素中，其中以刀具之材質影響最大，目前國外刀具材質不斷研發進步，各大刀具廠均標榜其高切削速度、高效率之刀具紛紛問世，可見切削速度對銑削影響之大。表一為各種材質以高速鋼銑刀及碳化物銑刀切削時之切削速度。

電腦值控制切削中心機之切削速度與其主軸每分鐘的迴轉速及切削刀具之直徑，有一定的關係，其計算公式如下：

銑削速度 = $\pi \times$ 銑刀直徑 \times 主軸之迴轉速

即 $V = \pi DN$ V = 切削速度

D = 銑刀之直徑

N = 工具機主軸之迴轉速

前頁公式 $V = \pi DN$ ，並未考慮單位問題，由於實際切削時，刀具之尺寸單位有公制單位和英制單位之分，故將上列公式分別以公制單位及英制單位轉化後得列下列二式：

一、公制單位系統

$$V = \frac{\pi DN}{1000} \text{ 或 } N = \frac{1000V}{\pi D}$$

V=切削速度（公尺／分，m/min）

D=銑刀之直徑（公厘，mm）

N=工具機主軸之迴轉速（轉／分，rpm）

二、英制單位系統

$$V = \frac{\pi DN}{12} \text{ 或 } N = \frac{12V}{\pi D}$$

V=切削速度（呎／ft/min）

D=銑刀直徑（吋，in）

N=銑分每分鐘之迴轉速（轉／分，rpm）

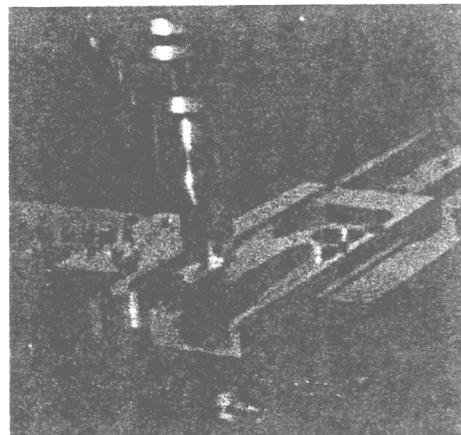


圖 2 銑削速度

表一 銑削速度

銑刀材質 工作物材質	切 削 速 度 (m/min)				切 削 劑
	高 速 度 鋼		碳 化 物		
	粗 削	精 削	粗 削	精 削	
低 碳 鋼	40~50	60~75	130~240	220~300	煤油、礦油
中 碳 鋼	35~45	50~70	120~200	200~250	煤油、礦油
高 碳 鋼	22~28	35~40	100~150	150~200	煤油、礦油
鑄鐵（軟）	18~25	30~35	60~90	90~130	乾
鑄鐵（硬）	12~18	20~25	50~70	75~100	乾
黃 銅	60~90	60~90	180~300	180~300	煤油、礦油
鋁	150~200	300~500	200~250	300~600	煤油
不 鏽 鋼	30~36	30~36	72~90	72~90	硫化礦油
鎂	180~240	300~450	150~300	300~450	煤油
青 銅	30~45	45~54	180	300	煤油、礦油
鎳 鉻 鋼	15~18	21~27	60	60	礦豚混合油

銑削速度之計算如下例所示：

例 1：外徑 75mm 之高速鋼銑刀，銑削鋁材料，求其銑刀迴轉數應為多少？

解：由表查知鋁的銑削速度為 300m/min，所以由計算公式得

$$V = \frac{\pi DN}{1000} \quad N = \frac{1000V}{\pi d}$$

$$N = \frac{1000 \times 300}{3.14 \times 75} \quad \therefore N = 1270 \text{rpm}$$

例 2：外徑 20mm 之碳化物端銑刀，粗銑削中碳鋼之材料，求其銑刀迴轉速應為多少？

解：由表一查知碳化物刀具粗銑削中碳鋼材料之銑削速度約為 120m/min 由計算公式：

$$N = \frac{1000V}{\pi D}$$

$$\therefore N = \frac{1000 \times 120}{3.14 \times 25} = 1500 \text{rpm}$$

若將上式銑削速度之公式用於鑽孔工作，則成為鑽削速度，見圖 3 及表二。

$$\text{則 } V = \frac{\pi DN}{1000}$$

V 為鑽削速度

D 為鑽頭直徑

N 為鑽頭每分鐘之迴轉數

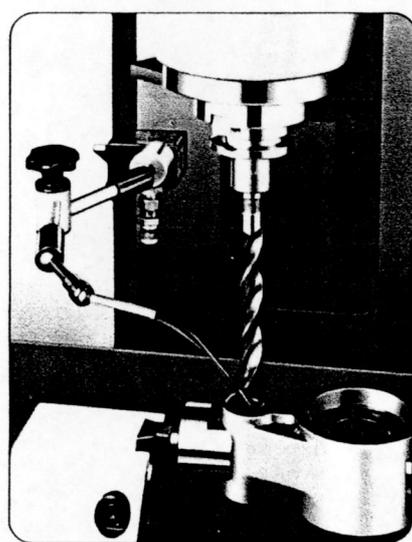


圖 3 鑽削速度

表二 超微粒全碳化鎢鑽頭切削數據表

工作材質 種類	材料使用例	切削速度 V(m/min)		每轉進給量(mm/rev)				
		無中心給油	有中心給油	φ 3-5	φ 5-8	φ 8-12	φ 12-16	φ 16-20
低碳鋼	SS41,S38C	60-80	70-90	0.15-0. 36	0.25-0. 45	0.25-0. 45	0.30-0. 55	0.40-0. 60
中碳鋼	S45C	60-80	70-90	0.15-0. 36	0.25-0. 45	0.25-0. 45	0.30-0. 55	0.40-0. 60
鑄鋼		60-80	70-90	0.15-0. 30	0.22-0. 40	0.27-0. 52	0.30-0. 57	0.37-0. 63
低合金鋼		55-75	65-85	0.15-0. 45	0.23-0. 42	0.27-0. 53	0.30-0. 57	0.38-0. 63
合金鋼	SCM415	55-75	65-85	0.15-0. 23	0.18-0. 30	0.21-0. 38	0.24-0. 45	0.27-0. 48
合金鋼		55-75	65-85	0.15-0. 23	0.18-0. 30	0.21-0. 38	0.24-0. 45	0.27-0. 48
不鏽鋼	SUS304	-	30-50	0.06-0. 12	0.08-0. 15	0.10-0. 20	0.15-0. 25	0.20-0. 30
灰鑄鐵		60-85	70-95	0.23-0. 33	0.30-0. 53	0.38-0. 68	0.45-0. 75	0.53-0. 83
可鍛鑄鐵	FCD50	60-85	70-95	0.23-0. 33	0.30-0. 53	0.38-0. 68	0.45-0. 75	0.53-0. 83
可鍛鑄鐵	FCD60	60-85	70-95	0.18-0. 30	0.21-0. 33	0.30-0. 53	0.38-0. 60	0.45-0. 68
硬化鑄鐵		40-50	50-60	0.09-0. 15	0.12-0. 18	0.15-0. 21	0.18-0. 24	0.21-0. 27

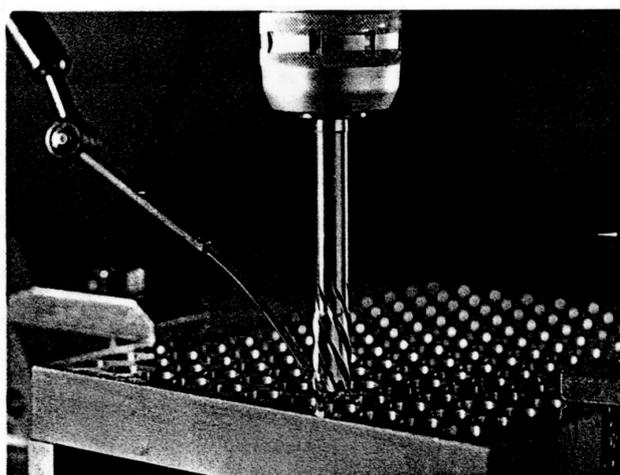
若將銑削速度之公用於鉸孔工作則成爲鉸削速度，見圖 4 及表三。

$$V = \frac{\pi DN}{1000}$$

V 爲鉸削速度 (m/min)

D 爲鉸刀直徑 (mm)

N 爲鉸刀之迴轉速 (rpm)



表三 全碳化鎢鉸刀切削數據表

工件材料	碳化鎢材質		切削速度	每轉進給量(min/rev)				
				ϕ 3-5	ϕ 5-8	ϕ 8-12	ϕ 12-16	ϕ 16-20
鑄鐵	K10	超微粒	70-120	0.08-0.1 2	0.12-0.1 8	0.18-0.2 2	0.22-0.3 0	0.30-0.3 5
可鍛鑄鐵			70-120	0.10-0.1 8	0.18-0.2 5	0.25-0.3 0	0.30-0.4 0	0.40-0.5 0
鋁及鋁合金 含 Si12%以下			100-250	0.10-0.1 8	0.18-0.2 5	0.25-0.3 0	0.30-0.4 0	0.40-0.5 0
鋁合金含 Si12%以下			80-220	0.10-0.1 8	0.18-0.2 5	0.25-0.3 0	0.30-0.4 0	0.40-0.5 0

(二) 銑削深度

銑削深度係刀刀嚙入工作物的深度，如圖 5 所示，此一切入之量為銑削時必須銑削的加工裕量，平銑刀及面銑刀粗銑時為 2~5mm，精銑時約為 0.3~0.5mm，端銑刀之銑削深度以不超過銑刀半徑為原則，以防止銑削過深而造成銑刀的損害。而實際情況需視銑床性能、刀具強度、工作物形狀、夾持方法、加工裕量等而異。如果銑削深度太大，工件物會在銑削中產生熱變形及刀具的損壞、銑削深度太小，則會影響銑削時間。

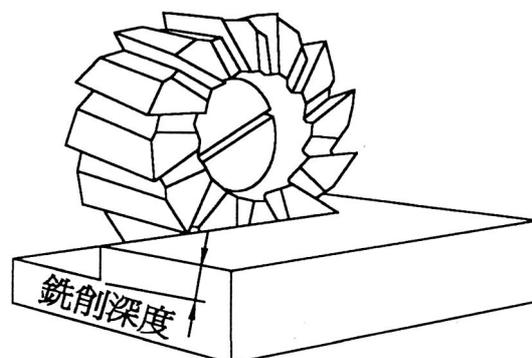


圖 5 銑削深度

(三) 進給量與每一刀刃之切削量

進給量係床台對銑刀每分鐘的移動距離，即銑刀每分鐘銑削工作物的距離，進給量的大小與銑刀轉速快慢無關，可以大進給量而慢轉速，亦可小進給量而快轉速。工作物要進入每個銑刀刀齒的距離要相等才能產生等厚的屑片，屑片之厚度或每刀齒進給量與銑刀之齒數無關。此為決定進給量的基準，進給量的單位為 mm/min，通常以 F 為記號。

銑刀是由許多刀刃所組成，在同一進給量下，銑刀的迴轉數愈多，每一刀刃的切削量愈少。相同的，在同一進給量與同一轉速下，銑刀刀刃愈多，每一刀的切削量愈少。例如銑刀刀刃為二刃，銑床進給量為 40mm/min。

1. 若銑刀迴轉速為 200rpm，則刀片一次的切削量是 $40/200 \times 2 = 0.1\text{mm}$

2. 若迴轉數為 100rpm，則刀片一次的切削量是 $40/100 \times 2 = 0.2\text{mm}$

每一刀刃的進給量正好與迴轉數成反比。若迴轉數與進給量不變，而刀刃增加到 4 刃，則每一刀刃的進給量為 2 刃的一半。

進給量的計算公式如下：

$$g = \frac{F}{N \times T}$$

g=每一刀刃的切削量 (mm/刃)

F=床台的進給量(mm/min)

N=主軸迴轉數(rpm)

T=銑刀刀刃數

每一刀刃切削量的多少，須依被加工物的硬度、銑刀材質、切削條件等因素來決定。一般如表四所示。

表四 每刃切削量

單位：mm/刃

銑刀種類 工件材料	平銑刀	面銑刀	側銑刀	端銑刀	成形 銑刀	高速鋼 嵌齒銑刀	碳化物 嵌齒銑刀
鋼	0.2	0.2	0.07	0.05	0.04	0.3	0.09
鋼 (硬)	0.15	0.15	0.06	0.04	0.03	0.2	0.08
鑄鐵 (軟)	0.2	0.2	0.07	0.05	0.04	0.3	0.1
鑄鐵 (硬)	0.15	0.1	0.07	0.05	0.04	0.2	0.08
可鍛鑄鐵	0.2	0.15	0.07	0.05	0.04	0.3	0.09
黃銅	0.2	0.2	0.07	0.05	0.04	0.3	0.2
青銅	0.15	0.15	0.07	0.05	0.04	0.3	0.1
鋁	0.1	0.1	0.07	0.05	0.04	0.2	0.1

因銑削時，皆以床台的進給量為標準，故可由表四找出每一刀的切削量來決定床台進給量，其公式如下：

$$F=g \times N \times T$$

g =每一刀刀的切削量 (mm/刀)

N =銑刀每分鐘之轉數(rpm)

T =銑刀之刀刀數

例：有一 4 刀刀的碳化物正面銑刀，銑削鋼料，心軸轉數 400rpm，求使用此面銑刀時，床台容許的進給量(mm/min)

解：由表四查得，每一刀刀的切削量設為 0.20mm，則

$$\begin{aligned} F &= g \times N \times T \\ &= 0.20 \times 400 \times 4 \\ &= 320 \text{mm/min} \end{aligned}$$

例：設銑削中碳鋼速度為 180m/min，銑刀一刀進刀量為 0.3mm，銑刀外徑為 100mm，銑刀刀數為 4，求：(1)銑刀每分鐘迴轉數，(2)床台每分鐘進給量。

解：

$$N = \frac{1000 \times V}{\pi d} = \frac{1000 \times 180}{3.14 \times 100} = 573 \text{rpm}$$

$$\begin{aligned} F &= g \times N \times T \\ &= 0.35 \times 573 \times 4 = 688 \text{mm/min} \end{aligned}$$

(四) 銑削速度與進給原則

影響銑削速度與進給有許多因素，刀具的壽命最受銑削速度的影響，其次是進給量，最次是切削深度。所有的銑刀速度和進給是以開始銑削點為基準。實際可依機器狀況，切削劑，表面粗糙及加工方式等來增加或減少。一般選定銑削速度和進給原則如下：

1. 銑刀因素，直徑和刀寬小的銑刀用較高速工作。刀刀數少的粗刀刀進給要快。角銑刀等刀尖強度弱的其銑削速度和進給均要小。兩片以上銑刀同時使用時，以大徑銑刀為計算銑削速度和進給標準。
2. 銑刀材質有不同之硬度及強度，銑削速度及進給亦不同，碳化鎢刀具比高速鋼刀具銑削速度高二倍，亦需較快之進給。
3. 工作物的切削性，材料的軟硬其切削性不同，硬材料以低速銑削如合金鋼，軟材料如銅、鋁等銑削速度可提高。銑削新材料在未瞭解其材料性質以前，應以低速度開始，再漸增加。

4. 切削量，粗銑削時銑削速度較慢，進給要快。若精銑削時銑削速度要快，而進給小。但只要粗糙度的容許範圍內精銑時進給亦可快。
5. 加工面粗糙度，高速度銑削而進給小可得更好的粗糙度。
6. 銑刀刀齒有損耗鈍化現象時，銑削速度和進給都要降低。
7. 使用切削劑，可延長刀具壽命，及散發銑削所產生熱量，並有潤滑及排屑功能，銑削速度及進刀可略為增加。
8. 銑床性能，剛度強及工作物的裝置夾持穩定時，銑削時震動現象可大為減低，因此可以提高銑削速度及進行重銑削。
9. 銑刀形狀，多少影響銑削速度，如較大齒的螺旋銑刀，銑削時可使切屑易排除及冷卻效果佳。銑削速度及進給可略提高。
10. 銑削深度、進給及銑削寬度三者決定銑削體積。若銑削體積增大時，應降低銑削速度，以免形成銑刀過熱及震動現象。

在電腦數值控制切削中心機之切削加工中，除了一般的高速鋼刀具外，超微粒之全鎢鋼端銑刀，及陶瓷金屬的端銑刀，也逐漸有被普遍使用的趨勢，表五至表六是有關這類銑刀的切削數據表。

表五 陶瓷金屬(CERMET)端銑刀切削數據表

工件材質	抗拉強度 kgf/mm ²	切削速度 V[m/min]	每刀進給量(mm/刀)				
			銑刀直徑 ϕ mm				
			ϕ 3-5	ϕ 5-8	ϕ 8-12	ϕ 12-16	ϕ 16-20
結構鋼	~50	160-380	0.02	0.04	0.04	0.06	0.07
快削鋼	50~70	160-340	0.01	0.03	0.03	0.05	0.06
低碳合金鋼	70~100	150-270	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
高碳合金鋼、 可氮化銅	100~140	140-220	0.01	0.02	0.02	0.04	0.05
工具鋼 合金與非合金	~140	100-180	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
	超過 140	100-160	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
鑄鋼	~50	150-360	0.02	0.04	0.06	0.06	0.07
	50 以上	130-280	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06
鑄鐵	~70	170-240	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07
	70 以上	150-200	0.015	0.02	0.04	0.05	0.06

表六 超微粒鎢鋼 銑刀切削數據表

工件材料	碳化鎢種類		切削速度 V[m/min]	每刃進給量(mm/刃)(銑刀直徑 D mm)					切削液
				2-4	5-8	9-12	13-16	17-20	
結構鋼 快削鋼 低合金鋼 高合金鋼 滲氮鋼	K10 P40 P40 P40	超微粒	60-90	0.03	0.05	0.05	0.07	0.08	水溶性 切削液 切削油 切削油
			50-90	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	
			40-85	0.015	0.03	0.04	0.05	0.06	
			40-60	0.015	0.03	0.04	0.05	0.06	
			40-60	0.015	0.03	0.04	0.05	0.06	
工具鋼 合金鋼 非合金	K10 K10	超微粒	40-70	0.015	0.03	0.03	0.05	0.06	切削油 切削油
			30-50	0.015	0.03	0.03	50.05	0.06	
不鏽鋼(Cr-Mo)	K40	超微粒	30-60	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	切削油
不鏽鋼 (Cr-Ni)	K40	超微粒	25-50	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	切削油
耐熱不鏽鋼 SUH31	K40	超微粒	25-40	0.01	0.025	0.03	0.04	0.04	切削油
鈦、鈦合金	K40	超微粒	20-60	0.01	0.025	0.03	0.04	0.05	切削油
鑄鋼	P40 P40	超微粒	60-140	0.02	0.05	0.07	0.09	0.12	切削油 切削油
			50-120	0.02	0.05	0.07	0.08	0.10	
鑄鐵	K10	超微粒	50-80	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	乾式
灰口鑄鐵	K10	超微粒	60-80	0.02	0.05	0.06	0.07	0.09	乾式
銅、黃銅、青銅	K10	超微粒	80-160	0.02	0.04	0.06	0.08	0.12	水溶性 切削液 乾式
鋁、鋁合金 Si 含量 1 2 % 以下	K10	超微粒	160-600	0.04	0.06	0.08	0.15	0.20	水溶性 切削液
鋁、鋁合金 Si 含量 1 2 % 以上	K10	超微粒	120-400	0.03	0.05	0.07	0.12	0.17	水溶性 切削液
熱塑性塑膠	K10	超微粒	120-200	0.04	0.08	0.12	0.20	0.25	空氣
電木	K10	超微粒	100-200	0.03	0.06	0.07	0.10	0.15	空氣
玻璃纖維 樹脂	K10	超微粒	90-150	0.03	0.06	0.08	0.12	0.18	空氣

本單元學習活動一到此結束，你完全理解嗎？假如你仍不甚了解，請由第 5 頁起再詳讀一遍，若仍有困難，可參閱第 61 頁所列之參考書籍或去請教你的老師。假如你已充分了解，請翻到下一頁，進行本學習目標之評量。

學習評量一：

不要參考任何資料或書籍，請在下列各題前之空格，寫出正確的答案。

一、是非題

- () 1. 切削速度，切削深度及進給率三者必需適當配合，才能有高切削效率。
- () 2. 鑽削工作中，主軸每分鐘轉速與鑽頭之直徑成反比。
- () 3. 為使銑削工作表面粗糙度良好，在精銑削時應選用比粗銑削時之進給率為快。
- () 4. 銑削進給率之大小與切削時間毫無關係，但與轉速有關。
- () 5. 為了延長刀具壽命，銑削時應以進刀深度淺，進給率慢為宜。
- () 6. 切削速度愈大，即切削效率愈高，故銑削中，可先行調高轉數，試切削後，再行調整適當之轉速。
- () 7. 鑽削之進給係指鑽頭旋轉一圈之進給量若干公厘。
- () 8. 以同一刀具粗銑相同工作時，則刀具的材質較硬者之主軸迴轉數，應以材質較軟者為高。
- () 9. 粗銑削平面之進給量通常均比精銑削時為小。
- () 10. 精銑削時，一般都採取小進刀深度，小進給量。

二、選擇題

- () 1. 銑床之進給率是指刀具 (1)每分鐘移動若干公厘 (2)每秒鐘移動若干英吋 (3)每分鐘移動若干公尺 (4)主軸每轉一圈移動若干公厘。
- () 2. 一般切削速度之單位為 (1)公尺/分鐘 (2)公厘/分鐘 (3)公尺/秒 (4)公厘/秒。
- () 3. 銑削金屬材料中，下列何者之切削速度較高 (1)黃銅 (2)合金鋼 (3)鑄鐵 (4)軟鋼。
- () 4. 適當之切削速度可以提高刀具之 (1)強度 (2)精度 (3)壽命 (4)切削阻力。
- () 5. 銑削一中碳鋼圓桿之切削速度，粗切削應較精切削為 (1)高 (2)低 (3)相同 (4)隨意。
- () 6. 外徑 25mm 之碳化物端銑刀，銑削中碳鋼之材料，若銑削速度為 120 公尺/分，則銑刀之迴轉速約為多少 rpm (1)800rpm (2)1000rpm (3)1200rpm (4)1500rpm。
- () 7. 銑床粗削時，需要較大切削深度之毛胚材料為 (1)軟鋼 (2)鑄鐵 (3)鋁合金 (4)快削鋼。
- () 8. 銑削那種材料，不用切削劑 (1)合金鋼 (2)中碳鋼 (3)鑄鐵 (4)易削鋼。

不要參考任何資料或書籍，用你自己的話正確的寫出答案或計算正確答案。

三、問答與計算

(一) 銑削工作中，切削條件組成的三要素為何？試詳述其意義並寫出其單位。

(二) 有一支四刃之端銑刀，銑削中碳鋼之切削速度為 100 公尺／分，若銑刀之外徑 25mm，每一刃之進刀量為 0.05mm，試算出下列問題：

1. 銑刀每分鐘的迴轉數？
2. 床台每分鐘的進給量多少 mm？

(三) 影響切削速度所必須考慮的因素有那幾項，依你所知任意寫出五項以上。

學習評量一答案：

你的答案應該與下列完全相同：

一、是非題：

1. (○)
2. (○)
3. (×)精銑削時，其進給率宜選擇較小，可增加表面粗糙度。
4. (×)銑削之進給率以 mm/min 表示，切削時間短，表進給率大，與轉速無關。
5. (×)進刀深度淺，小進給率，會增加摩擦，降低刀具壽命。
6. (×)不同的刀具、工件材質，都有其適當的切削速度。
7. (○)
8. (×)硬材質之工件，切削阻力大，應該降低轉速。
9. (×)粗銑削宜使用較低轉速、較大切削深度及大進給量
10. (○)

二、選擇題

1. (1) 2. (1) 3. (1) 4. (3) 5. (2)
6. (4) 7. (2) 8. (3)

三、問答與計算

(一) 你的答案應該包括下列要點：

所謂的切削條件，包含三要素，即切削速度、切削深度及進給量。

1. 切削速度：係指在切削工作中，切削刀具刀刃上之一點，與工件之相對線速度，簡言之即工件與切削刀具間相對移動的速度。其單位為公尺／分。切削速度增加，可以得到較平滑的表面粗糙度，但不當的切削速度，則會降低刀具壽命。
2. 切削深度：在銑削工作中，切削深度又稱為銑削深度，係指刀刃嚙入工作物的深度，此一切入之量為銑削時必須切削的加工裕量。其單位為公厘(mm)，銑削深度宜視刀具材質及工作性質而定，銑削深度太大，工件易產生熱變形，破壞刀具，銑削深度太小，會增加銑削時間。
3. 進給量：在銑削工作中，進給量係床台對切削刀具每分鐘的移動距離，換句話說，即銑刀每分鐘銑削工作物的距離。其單位為公厘／分(mm/min)，通常以 F 為記號，進給量的大小與刀具轉速的快慢無關，可以大進給量低轉速，亦可小進給量高轉速。

(二) 你的答案應該包括下列要點：

1. 銑刀每分鐘迴轉速：

$$N = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \times 100}{3.14 \times 25} \approx 1270(\text{rpm})$$

2. 銑床每分鐘的進給量

$$g = \frac{F}{N \times T}, \quad N \text{ 選擇 } 1200\text{rpm (宜比 } 1270\text{rpm 低)}$$

$$\begin{aligned} \therefore F &= g \times N \times T = 0.05 \times 1200 \times 4 \\ &= 240(\text{mm/min}) \end{aligned}$$

(三) 你的答案應該包括下列要點中之任意五項。

1. 刀具的材質
2. 刀具的角度
3. 進給量及切削深度
4. 刀具的壽命曲線
5. 被切削工件的材質及切削方式
6. 切削劑的使用
7. 工具機的能力及切削之性質

假如你的答案與上列之答案重點相似，請翻至下一頁，繼續學習下一個學習目標，假如你的答案不與上列之答案重點相似，則請你翻到第 5 頁再重新詳細閱讀本教材，或閱讀第 61 頁所列之參考書籍，學習到你的答案完全正確，並將第 16 頁的錯誤予以改正，然後翻到第 20 頁，繼續學習下一個學習目標。

學習活動二：

現在你已瞭解電腦數值控制切削中心機的切削條件選用要領及切削速度的計算，對你以後上機之技能操作及程式製作將有所幫助，請繼續學習本教材的第二個學習目標。

學習目標：

不參考任何資料或書籍，你能夠正確地寫出銑刀各部位之名稱，並且能夠正確地說出銑刀的刀角功能及選用要領。

學習內容：

一、銑刀各部位之名稱：

銑削工作是為銑刀迴轉而使工作物獲得切削，銑刀的刀刃口隨銑刀形式的不同而有所區別，但各種銑刀中共同的就是以切削的邊為基準，去決定刀具之間隙角及斜角。圖 6 為四刃端銑刀之各部名稱。

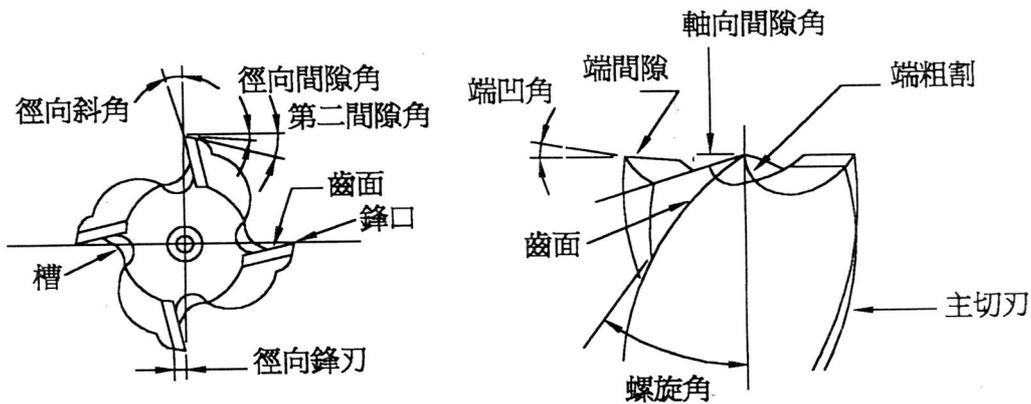


圖 6 四刃端銑刀各部名稱

圖 7 為平銑刀之刀刃外形，圖 8 為平銑刀之各部名稱，圖 9 為側銑刀之各部名稱，而面銑刀之各部位名稱，如圖 10 所示

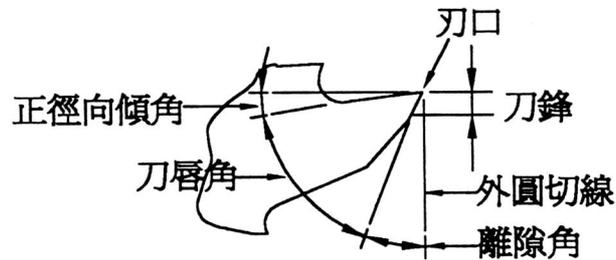


圖 7 平銑刀之刀刃

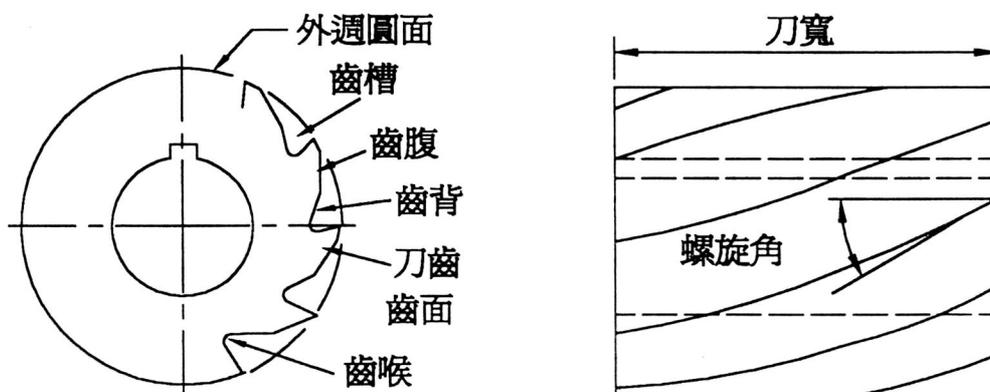


圖 8 平銑刀各部名稱

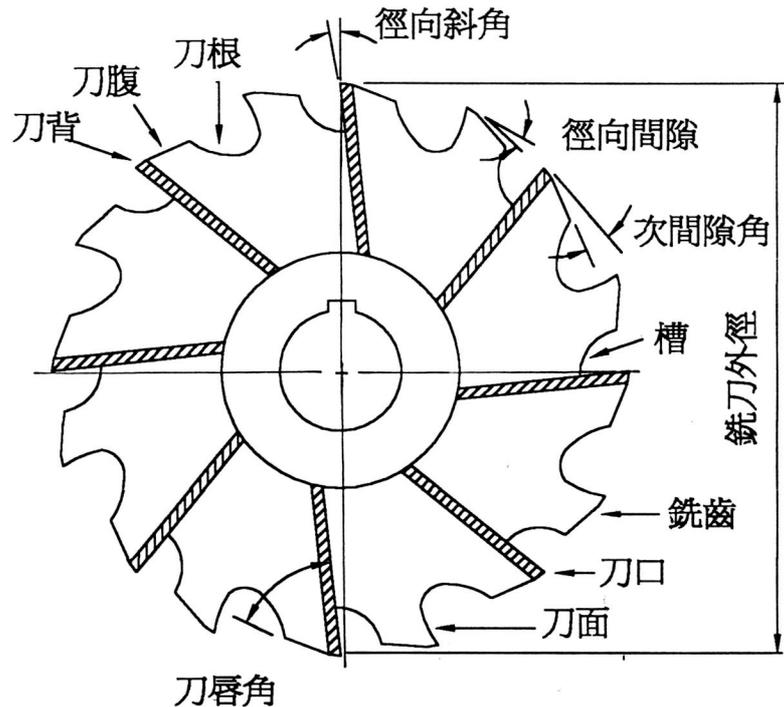


圖 9 側銑刀各部位名稱

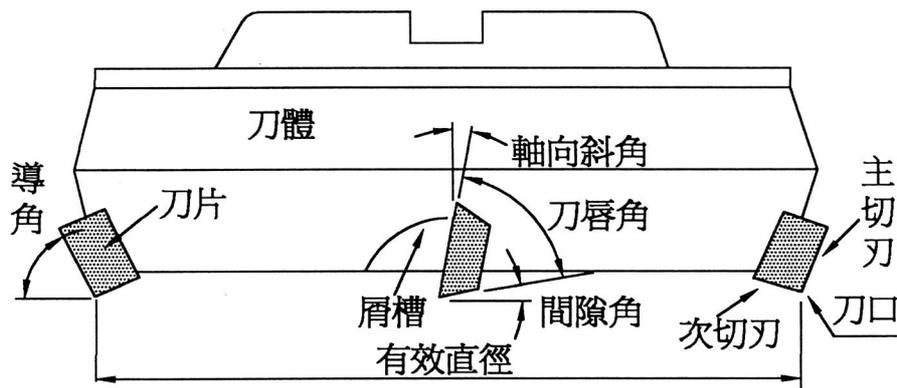


圖 10 面銑刀之各部位名稱

銑刀之各位部份名稱，說明如下：

- (一) 銑刀本體：又稱銑刀刀身，銑刀本體用以形成銑刀主體，除了選用適當良好的材質外，並施以熱處理。在本體的周緣具有刀刃，其軸上有刀柄或中心孔，以便裝置於銑床主軸。
- (二) 直徑：常用以表示銑刀的大小，係從刀齒的最大外徑量度測量而得。平銑刀的直徑等於銑刀周緣的圓周面刀齒的尺寸。面銑刀的直徑係指相對兩刀刀尖之間通過銑刀軸心的距離，而非指本體的直徑。
- (三) 刀面：為銑削工作時，切屑形成的表面，可以為平面或是曲面形狀。

- (四) 刀背：刀背的形狀大致分為二種，一種是弧形，另一種是直線形。刀背係給予銑刀齒刀刃端適當厚度，增加強度。刀背寬度一般視銑刀直徑大小而漸漸增加，一般尺寸在 0.5~2mm，刀背較大者需研磨第二間隙角，以免刀背與加工面磨觸。刀背又稱鋒地。
- (五) 刀槽：為兩刀齒之間的空隙部份，主要功用在於銑削時容納切屑及冷卻液。重粗銑削時應選用刀數少的銑刀，以便增大刀槽，而容納重銑削時的大量切屑。刀槽又稱切屑槽。
- (六) 刀寬：周緣上有刀刃口的銑刀，如平銑刀、角銑刀、成形銑刀等，均將對旋轉軸形成直角的兩個平行面，叫做銑刀的側面，兩平行面的距離即為銑刀的寬度，也是能夠銑削的寬度。
- (七) 刀刃口：為銑刀最重要的部位之一，是唯一與工作物接觸的部份，係由刀面與刀腹相交而成。刀刃口若為直切刃口，則刀刃整個長度同時都在做銑削，若為螺旋刀刃口，則與工作物接觸的位置，隨螺旋角而有所不同。
- (八) 間隙：在銑刀刀齒離隙後的空間，用以消除刀刃口和工作物間的磨擦
- (九) 刀齒數：為具銑削作用的刀齒數目，端銑刀常用為自 2~6 齒，平銑刀及側銑刀或成形銑刀，刀齒數較多。
- (十) 刀齒面：為切屑形成的面，有二種形狀，一種是刀齒面的延長線通過銑刀的中心，另一種為不通過銑刀的中心，而與齒尖上的中心線交成一個角度，研磨時應特別注意此一角度。
- (十一) 刀軸孔：將銑刀裝上刀軸的孔徑，平銑刀、側銑刀、成形銑刀才有刀軸孔，孔徑須製成標準尺寸，廣用的尺寸為 1 英吋或 25mm。
- (十二) 銑刀的角度，表七為各種材料銑刀刀角的建議。

表七 銑刀刀角建議表

工作物材質		高速鋼銑刀		碳化物嵌刃面銑刀		
		斜角	間隙角	軸向斜角	徑向斜角	導角
鋼	軟	10°~20°	5°~7°	+5°	-5°	30°
	硬	10°~15°	4°~6°	+5°	-10°	45°
	不鏽鋼	10°	5°~8°	+7°	-7°	45°
鋁		20°~40°	10°~12°	+15°	-15°	30°
塑膠		5°~10°	5°~7°	-	-	-
黃銅	軟	0°~10°	10°~12°	+5°	+5°	30°
青銅	硬	-	-			
鑄鐵	軟	-	-	+5°	-10°	45°
	硬	8°~10°	4°~7°	+5°	-10°	45°
可鍛鑄鐵		10°	5°~7°	+10°	-5°	30°

二、銑刀之刀角

(一) 刀唇角(tooth angle)

刀唇角為銑刀齒之刀面與刀背間之夾角，通常刀唇角受銑刀之斜角及間隙角之影響，相同之間隙角下，正斜角所構成之刀唇角要比負斜角所形成之刀唇角小。一般而言，銑刀之刀唇角要盡量大，以增加銑刀刃之強度散熱的面積，若以量化之角度表示，則為刀唇角+斜角+間隙角=90°

(二) 斜角(rake angle)

銑刀之中心線與齒面所夾的角度，一般此角度約 10°~15°，斜角的功用同於車刀之後斜角。斜角愈大，則切削阻力愈小，但刀刃卻較脆弱。通常斜角對刀具壽命、表面粗糙度、動力消耗和切削所產生的撓曲，都有很大的影響。

平銑刀或側銑刀的斜角為自徑向線到刀刃口的斜角度，稱為徑向斜角。而面銑刀之斜角則有徑向斜角及軸向斜角等兩種斜角，而此兩種角度與刀片外周切刃角構成刀片在銑刀上之實際斜角稱之為真正斜角。

圖 11 所示，為面銑刀之徑向斜角，徑向斜角可分為正徑向斜角、零徑向斜角，負徑向斜角。一般而言，刀片順刀具迴轉方向傾斜者，稱為正徑向斜。刀片面與中心連線平行者為零徑向斜角。刀片面反刀具迴轉方向傾斜者為負徑向斜角，如圖 13 所示。

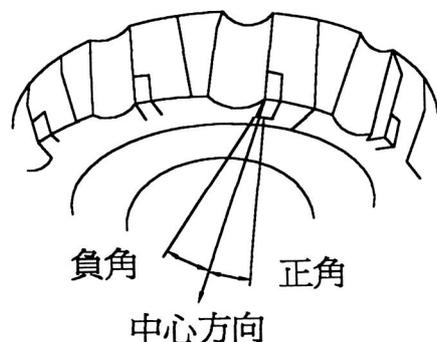


圖 11 面銑刀之徑向斜角

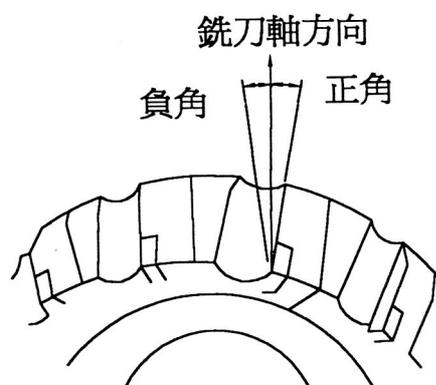


圖 12 面銑刀之軸向斜角

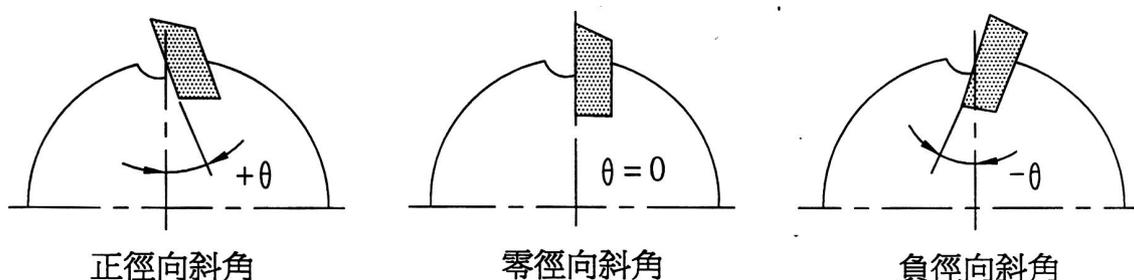


圖 13 面銑刀之三種徑向斜角

與刀軸平行的平面測量參考面與刀片面所成之角度，稱為軸向斜角，如圖 12 所示。

面銑刀之軸向斜角亦可分為正軸向斜角、零軸向斜角及負軸向斜角等三種軸向斜角，如圖 14 所示。

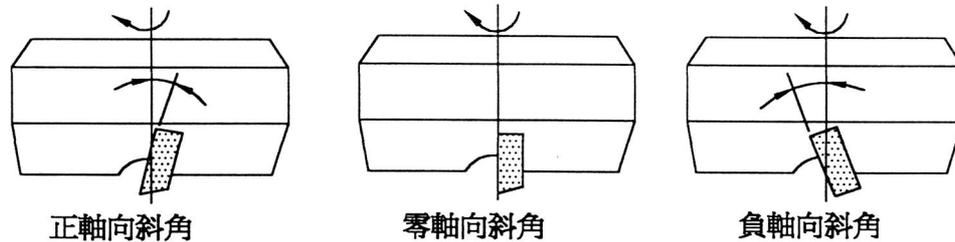


圖 14 面銑刀之三種軸向斜角

一般而言，標準銑刀，其斜角之規格有下列幾種形態，綜述如下：

1. 雙負斜角：銑刀刀片同時具有負徑向斜角及負軸向斜角，此種構造之銑刀其刀刃強度高，切削時切屑在屑槽內渦流，銑削時刀片可承受較大的切削力，此種斜角適用於鑄鋼及鑄鐵，如圖 15 所示。
2. 雙正斜角：銑刀刀片具有正徑向斜角及正軸向斜角，此種構造之銑刀切削良好，切削抵抗也小，適合銑削輕合金、鋁合金、銅合金及不鏽鋼等精加工或軟鋼之粗加工，如圖 16 所示。
3. 負正斜角：銑刀刀片具負徑向斜角及正軸向斜角，此種構造之銑刀切削時，切屑為渦捲向上，適合容易產生振刀之加工或不鏽鋼、鋼之重切削，如圖 17 所示。

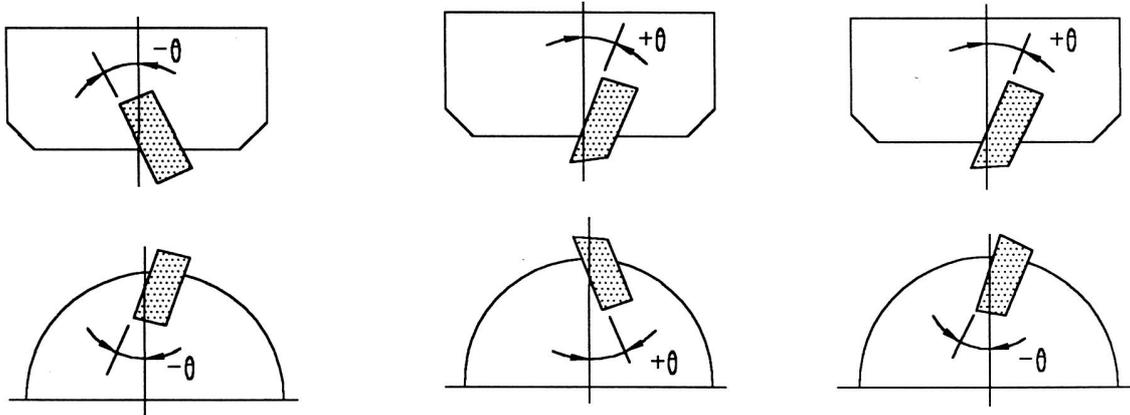


圖 15 雙負斜角銑刀

圖 16 雙正斜角銑刀

圖 17 負正斜角銑刀

(三) 導角(lead angle)

導角對面銑刀性能有顯著的影響，如圖 18 所示，在相同的進給量，導角較小所產生的切屑較短，導角大者切屑較薄較長。換言之，如果切屑厚度一樣，則導角較大，每刀刃可得較大的進給量、切屑較易排出，但導角愈大、愈容易產生切削震動。

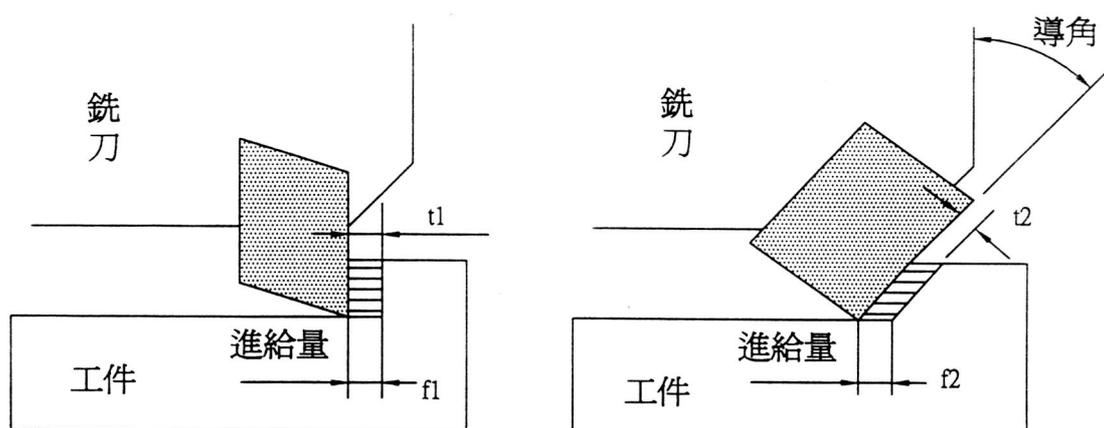


圖 18 面銑刀之導角

(四) 間隙角(clearance angle)

間隙角的目的是使刀尖有適當角度，並使銑刀刀背不致與工作物產生磨擦。銑刀之間隙角依銑刀直徑、材質及工作物材質而定，一般而言，銑削軟材料時，間隙角較大，以增加切削效率；銑削硬材料時，間隙角較小。通常銑削鋼料之間隙角為 $4\sim 6^\circ$ ，軟材料如黃銅、鋁，間隙角為 $7\sim 12^\circ$ 。有時為增加銑削效果及容易研磨間隙角，於刀背後再研磨一斜面，稱為第二間隙角如圖 19 所示。約比第一間隙角大 4° 左右。表八為銑刀之徑向間隙角選用原則。

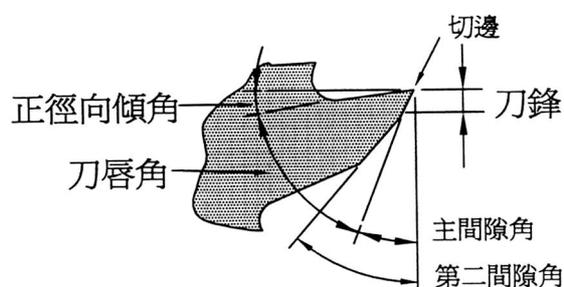


圖 19 間隙角

表八 銑刀徑向間隙角建議表

銑刀材料	周邊或外緣銑齒銑刀			側、端、平面銑刀		
	鋼	鑄鐵	非鐵金屬	鋼	鑄鐵	非鐵金屬
高速鋼	$5^\circ\sim 10^\circ$	$5^\circ\sim 10^\circ$	$7^\circ\sim 12^\circ$	$1^\circ\sim 4^\circ$	$1^\circ\sim 4^\circ$	$2^\circ\sim 7^\circ$
非鐵鑄合金	$4^\circ\sim 6^\circ$	$4^\circ\sim 6^\circ$	$5^\circ\sim 10^\circ$	$1^\circ\sim 4^\circ$	$1^\circ\sim 4^\circ$	$2^\circ\sim 7^\circ$
碳化物	$4^\circ\sim 6^\circ$	$4^\circ\sim 6^\circ$	$5^\circ\sim 10^\circ$	$1^\circ\sim 4^\circ$	$1^\circ\sim 4^\circ$	$2^\circ\sim 7^\circ$

(五) 螺旋角(helix angle)

銑刀之心軸與刀刃斜向方向所形成的角度，稱為螺旋角，如圖 20 所示。通常為 15° ，重銑削時可達 45° 。螺旋角較大，銑削震動愈小，能產生較光滑的表面，但切削所生的軸向推力愈大。若能同使用兩反向螺旋銑刀銑削，則可將推力抵消。如圖 21 所示。

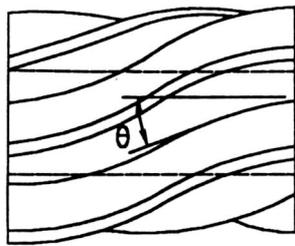


圖 20 螺旋角

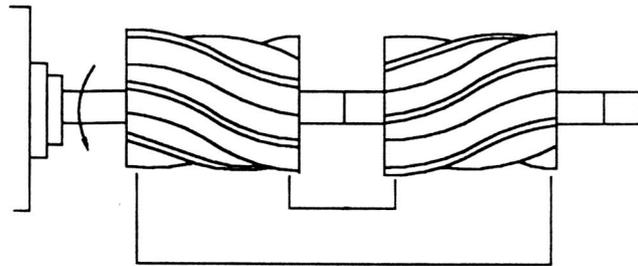


圖 21 平衡切削

三、銑刀的選用要領

- (一) 整體式簡單型銑刀較嵌片鑲入式銑刀成本低。
- (二) 螺旋式銑刀較直齒形銑刀銑削效果為佳。
- (三) 螺旋刀數多的銑刀，適宜輕銑削及精銑削。
- (四) 銑刀使用，盡可能選用較大直徑銑刀。
- (五) 已經鈍損崩裂的銑刀，請勿使用，宜更新或重新研磨。
- (六) 粗銑削時使用螺旋刀刃銑刀，震動小且加工面粗糙度佳。
- (七) 深槽加工時應使用交錯齒銑刀，震動小，且加工面粗糙度佳。
- (八) 大鳩尾槽的銑削加工，以使用剛性高之單側角銑刀銑削為宜。
- (九) 銑刀齒數如果過多，容易引起顫痕而無法得到理想的加工表面。
- (十) 使用面銑刀比端銑刀，可得較佳的加工表面。
- (十一) 精銑和粗銑請不要使用同一支銑刀。

四、銑刀的使用與維護

- (一) 銑刀平時存放時應分別排列在木板上或放置於塑膠盒中，避免與其他刀具或工具存放在一起而撞擊受損。
- (二) 使用銳利的銑刀做銑削加工，如發現鈍化現象應立刻予以修磨，避免鈍化後再繼續使用，與工作物磨擦生熱，而使刀齒產生退火，造成更嚴重的磨損。
- (三) 裝卸銑刀宜用抹布保護，以防傷及手或掉下使刀口受損。
- (四) 銑削時，在開動機器前應使銑刀與工作物充分分離，避免因撞擊工作物而損壞刀具。

- (五) 銑刀須順向轉動，切忌逆轉，否則容易使銑刀鈍化或斷裂。
- (六) 銑刀的刀刃伸出筒夾的距離應愈短愈好，以減少銑刀的震動。
- (七) 銑刀和心軸的配合必須正確，不能有鬆動的現象，裝在心軸上的銑刀，請勿用錘頭或其他物敲打。
- (八) 二刃端銑刀的銑削深度不可超過直徑的一半。
- (九) 銑削時，應注意銑刀的迴轉方向是否正確，並充分使用切削劑，但鑄鐵銑削不可加切削劑。
- (十) 裝置銑刀時，宜小心不要碰撞到工作物、工具或機器的任何部份。
- (十一) 裝置銑刀時，不可直接敲擊銑刀，若有必要時，應以木塊保護，間接加力於銑刀上面。
- (十二) 選用正確適宜的銑刀，銑削工作物，並依工作物的材質，選擇切削速度及進刀量。
- (十三) 在電腦數值控制切削中心機，要拆卸銑刀把時，宜用布握穩，才可以壓下控制開關，避免氣壓之力量，快速將刀把脫離主軸孔時，受傷或掉落。
- (十四) 裝置銑刀把時，宜握持穩固，不可握銑刀之刀刃，且刀把之對接槽，要正確的套入切削中心機之定位塊中，才可壓下氣壓控制開關。

學習評量二：

請不要參考任何資料或書籍，回答下列問題

一、 面銑刀之斜角規格有那三種形態？並詳述其意義及用途。

二、 銑刀之間隙角，其功用為何？又銑削軟材料及硬材料之工件，銑刀間隙角之角度宜如何選用？試敘述之。

三、 試依你見解，任意寫出六種以上銑刀的選用要領？

學習評量二答案：

你的答案應該包括下列要點：

一、 分為下列三種斜角：

- (一) 雙負斜角：銑刀刀片同時具有負徑向斜角及負軸向斜角，此種構造之銑刀其刀刃強度高，切削時切屑在屑槽內渦流，銑削時刀片可承受較大的切削力，此種斜角適用於鑄鋼及鑄鐵。
- (二) 雙正斜角：銑刀刀片具有正徑向斜角及正軸向斜角，此種構造之銑刀切削良好，切削抵抗也小，適合銑削輕合金、鋁合金、銅合金及不鏽鋼等精加工或軟鋼之粗加工。
- (三) 負正斜角：銑刀刀片具負徑向斜角及正軸向斜角，此種構造之銑刀切削時，切屑為渦捲向上，適合容易產生振刀之加工或不鏽鋼、鋼之重切削。

二、 間隙角的目的在使刀尖有適當角度，並使銑刀刀背不致與工作物產生摩擦。銑刀之間隙角依銑刀直徑、材質及工作物材質而定，一般而言，銑削軟材料時，間隙角較大，以增加切削效率；銑削硬材料時，間隙角較小。通常銑削鋼料之間隙角為 $4\sim 6^\circ$ ，軟材料如黃銅、鋁，間隙角為 $7\sim 12^\circ$ 。有時為增加銑削效果及容易研磨間隙角，於刀背後再研磨一斜面，稱為第二間隙角，通常大約比第一間隙角大 4° 左右。

三、 你的答案應該包括下列任意六種：

- (一) 整體式簡單型銑刀較嵌片鑲入式銑刀成本低。
- (二) 螺旋式銑刀較直齒形銑刀銑削效果為佳。
- (三) 螺旋刀數多的銑刀，適宜輕銑削及精銑削。
- (四) 銑刀使用，盡可能選用較大直徑銑刀。
- (五) 已經鈍損崩裂的銑刀，請勿使用，宜更新或重新研磨。
- (六) 粗銑削時使用螺旋刀刀銑刀，震動小且加工面粗糙度佳。
- (七) 深槽加工時應使用交錯齒銑刀，震動小，且加工面粗糙度佳。
- (八) 大鳩尾槽的銑削加工，以使用剛性高之單側角銑刀銑削為宜。
- (九) 銑刀齒數如果過多，容易引起顫痕而無法得到理想的加工表面。
- (十) 使用面銑刀比端銑刀，可得較佳的加工表面。
- (十一) 精銑和粗銑請不要使用同一支銑刀。

假如你的答案與上列之答案重點相似，請翻至下一頁，繼續學習下一個學習目標，假如你的答案不與上列之答案重點相似，則請你翻到第 20 頁再重新詳細閱讀本教材，或閱讀第 61 頁所列之參考書籍，學習到你的答案完全正確，並將第 29 頁的錯誤予以改正，然後翻到第 31 頁，繼續學習下一個學習目標。

學習活動三：

現在你已認識銑刀各部位之名稱，並且熟悉銑刀的刃角功能及其選用的要領，對刀具已具備更上層樓的相關知識，對將來之技能操作必大有幫助，真是可喜可賀，請繼續學習本教材的第三個學習目標。

學習目標：

不參考任何資料或書籍，你能夠瞭解電腦數值控制切削中心機之切削刀具系統，並且能夠正確地說出刀把之各部位名稱及刀把之種類。

假如你認為你已具備上述學習目標之能力，請翻至第 42 頁，進行本學習目標之評量，假如你需要更多學習的話，請翻至下一頁，繼續學習。

學習內容：

一、電腦數值控制切削中心機之切削刀具系統

在 CNC 機械之加工，選用適當的切具系統，是提高生產力及效率的重要因素之一，而刀具系統可提供機器適當的刀具，以作為生產加工用。CNC 切削中心機之刀具系統，可分為下列三大部分：刀具自動交換裝置(Automatic tool changer, ATC)，刀把(Tool-holders)及切削刀具(Cutting tools)。切削刀具及刀把一般在刀具室組裝，再將組裝好的刀具，置入 CNC 切削中心機之刀具庫(刀具倉)(Tool magazine)，在 CNC 控制器下達刀具交換指令(M06)後，被選定的刀具會自動交換至主軸上。

(一) 刀具自動交換裝置：

刀具自動交換裝置(ATC)是一種可由 CNC 程式控制來自動選擇刀具及作為自動交換刀具的機構。典型的 ATC 系統包括刀具庫及刀具夾持器，刀具庫可將刀具設定編號，其主要功能為：1.儲放目前未使用而後續加工需使用的切削刀具，2.將下一加工需使用的切削刀具傳輸至刀具交換位置(Tool exchange station)，待命作刀具交換。圖 22 與圖 23 為刀具自動交換裝置。

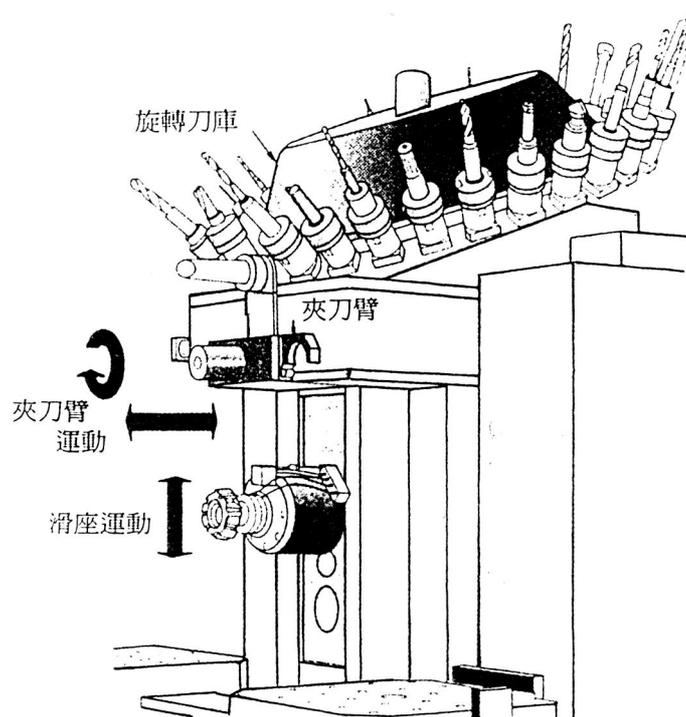


圖 22 刀具自動交換裝置

切削中心機之刀具交換動作，包括下列八個步驟，如圖 24 所示。

1. 刀具庫將程式下一個 T 碼指定的刀具傳輸至刀具交換位置上，等待刀具交換。
2. 控制器接收到刀具交換指令(M06)後，主軸快動至刀具交換位置上。

3. 刀具夾持器順時針旋轉 90° 同時夾住刀具交換位置及主軸兩位置上的刀具。
4. 刀具夾持器向前伸出移出刀具交換位置及主軸兩位置上的刀具。
5. 刀具夾持器順時針旋轉 180° 交換刀具。
6. 刀具夾持器向內縮回將新的刀置入主軸，並將使用後的刀具置入刀具交換位置。
7. 刀具夾持器逆時針旋轉 90° 回到起使位置，機器使用新刀具開始加工。
8. 刀具庫將使用後的刀具安置回正確的位置。

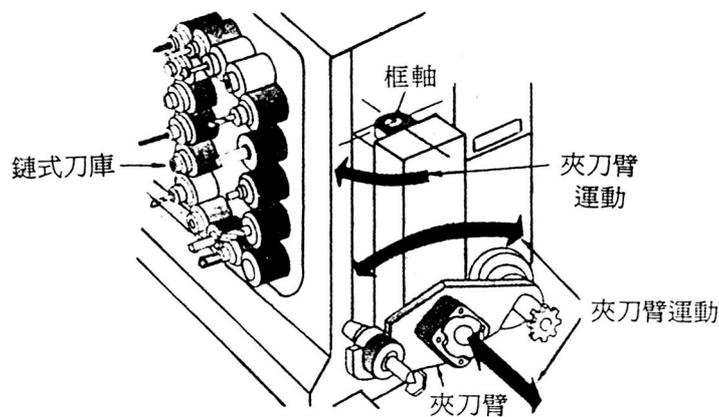


圖 23 刀具交換裝置

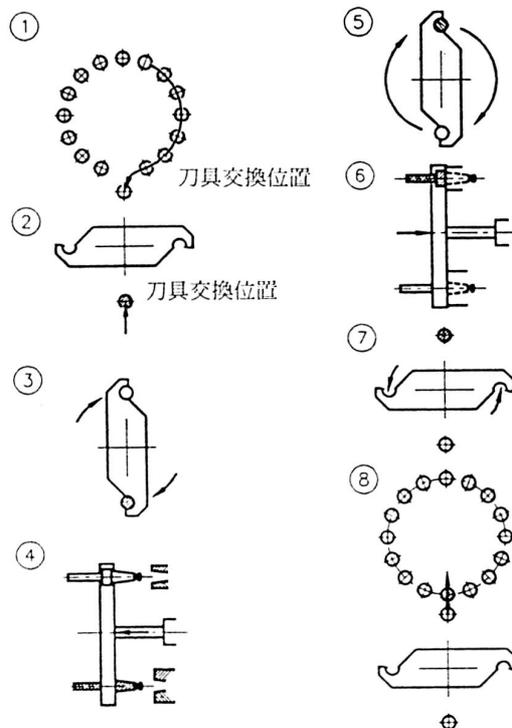


圖 24 刀具自動交換裝置之操作順序

(二) 切削中心機之刀把

建立刀把系統可使主軸能選用各式不同的切削刀具，CNC 切削中心機的基本刀把是由以下五個元件組成：拉椿（拉栓）、錐柄、凸緣、對接槽及轉接器，如圖 25 所示為 CNC 切削中心機刀把的基本構件，說明如下：

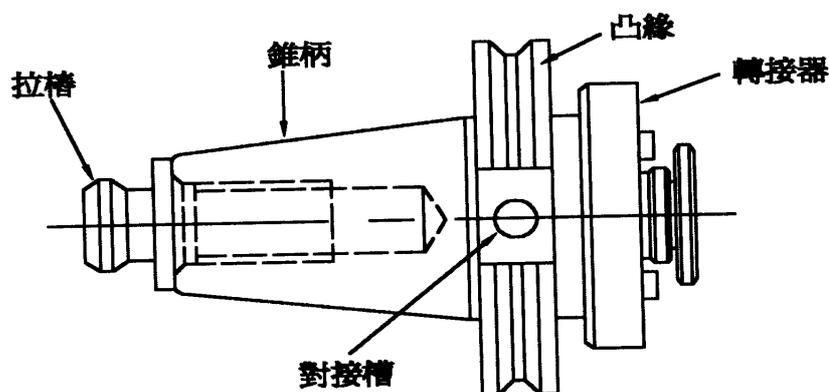


圖 25 刀把的基本構件

1. 拉椿(Retention Knob)

拉椿的功用是在使主軸上的刀具經由鎖緊拉桿的動作，將拉椿夾緊或鬆開，使刀把自動的固定及鬆開，CNC 切削中心機刀把之拉椿有各種不同的型式及尺寸以適應各式刀把及工具機之規格，如圖 26 所示。拉椿的選用，需考慮刀把之以下特徵。表九為拉椿之各式尺寸：

- (1) 凸緣型式：V 凸緣拉椿為英制螺紋，BT 凸緣拉椿為公制螺紋。
- (2) 錐度規格：以 NT 銑床標準錐度為主，尺寸愈大，拉椿的尺寸亦大。
- (3) 螺紋型式及尺寸：分為英制及公制兩種螺紋，目前國內生產之電腦數值控制切削中心機，以使用公制螺紋為主，其尺寸有 M12、M16、M20 及 M24 其中又以 M16 最普遍。
- (4) 凸桿尺寸。

表九 拉椿之尺寸

型式	L	L1	D	D1	θ	G	SW
P30T-1	43	23	16.5	12.5	45	M12	13
P30T-2	43	23	16.5	12.5	60	M12	13
P40T-1	60	35	23	17	45	M16	19
P40T-2	60	35	23	17	60	M16	19
P40T-3	60	35	23	17	90	M16	19
P50T-1	85	45	23	25	45	M24	30
P50T-2	85	45	23	25	60	M24	30
P50T-3	85	45	23	25	90	M24	30

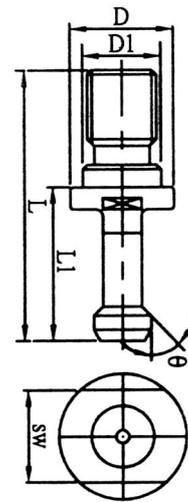


圖 26 拉椿

2. 錐柄(Tapered shank)

錐柄的功用可使刀把緊急配合在 CNC 切削中心機之主軸上，鋼柄有各種不同的錐度規格，以適應不同的機器，目前國內之 CNC 切削中心機之刀把錐度以 NT 錐度為準，其規格有 NT#30、NT#35、NT#40、NT#50 及 NT#60，其中以 NT#50 的錐柄為最普遍被採用的型式，因為 NT#50 型式錐柄適用的功率在 10~50 馬力(HP)的切削中心機上。錐度的號數愈大，刀把之直徑也愈大，若為大型 CNC 工具機則應使用 NT#60 之錐柄，較小型的機器則採用 NT#30 或 NT#40 之錐柄。NT 錐度之錐度值 $T=7/24$ 。圖 27 所示為端銑刀之夾柄，表十為其規格尺寸。

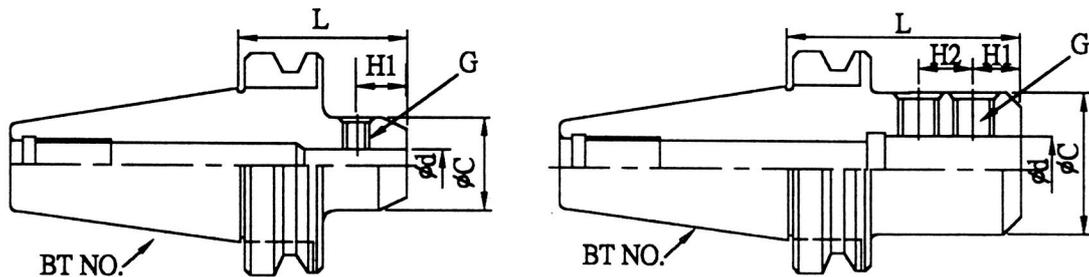


圖 27 BT 型凸緣直柄端銑刀把之夾柄

表十 端銑刀把之夾柄尺寸

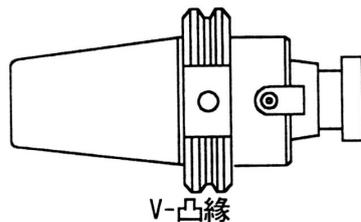
型式	d	L	C	H1	H2	G
BT30-SL 6- 60	6	60	25	18	-	M6
SL 8- 60	8		28	18		M8
SL10- 60	10		35	20		M10
SL12- 60	12		42	22.5		M12
SL14- 60	14		44	22.5		M12
SL16- 60	16		48	24		M14
SL18- 75	18	75	50	24	M14	
SL20- 75	20		52	25	M16	
BT40-SL 6- 75	6	75	25	18	-	M6
SL 8- 75	8		28	18		M8
SL10- 75	10		35	20		M10
SL12- 75	12		42	22.5		M12
SL14- 75	14		44	22.5		M12
SL16- 75	16		48	24		M14
SL18- 75	18		50	24		M14
SL20- 75	20		52	25		M16
SL25- 90	25	90	64	24	25	M18
SL32- 90	32		64	24	28	M20
BT50-SL 6- 75	6	75	25	18	-	M6
SL 8- 75	8		28	18		M8
SL10- 75	10		35	20		M10
SL12- 75	12		42	22.5		M12
SL14- 75	14		44	22.5		M12
SL16- 90	16	90	48	24	M14	
SL18- 90	18		50	24	M14	
SL20- 90	20		52	25	M16	
SL25-105	25	105	64	24	25	M18
SL32-105	32		72	24	28	M20

3. 凸緣(Flange)

凸緣的功用可使刀具夾持裝置或 CNC 切削中心機主軸方便抓取刀把。電腦數值控制工具機中最常用的凸緣型式有 V 型凸緣及 BT 型凸緣兩種類型。V 型凸緣刀把適用在美規生產機器，其拉椿使用英制螺紋，且夾持刀具系統亦為英制規格，國內較少使用。

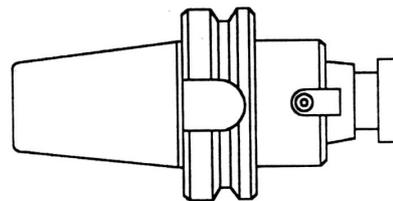
BT 型式的凸緣刀把，其拉椿使用公制螺紋，但其轉接器亦有設計成可容納大範圍之英制刀具的形式，亦有設計成可容納大範圍的公制刀具的形式，我國之 CNC 切削中心機之刀具自動交換系統大都採用 BT 型凸緣刀把。

以上兩種型式的凸緣刀把，其轉接器外觀非常相似，不相同處在驅動槽溝。V 型凸緣的刀把其驅動溝槽為直槽，而 BT 型凸緣刀把之轉接器有圓形驅動槽溝，故 V 型凸緣刀把及 BT 型凸緣刀把的錐柄錐度號碼雖然相同，但其刀把仍無法相互交換使用。圖 28 為 V 型凸緣刀把，圖 29 所示為 BT 型凸緣刀把。



V-凸緣

圖 28 V 型凸緣刀把



BT-凸緣

圖 29 BT 型凸緣刀把

4. 轉接器(Adaptor)

電腦數值控制切削中心機所使用之刀把型式，應盡可能容納各式不同之切削刀具，其包括不同尺寸的端銑刀、面銑刀、鑽頭、螺絲攻、鉸刀、搪孔刀桿、特長刀具、特大刀具及特小刀具，刀把之製造廠商通常將轉接器設計成各式各樣的結構，以容許不同型式的切削刀具，而刀把之命名方式則依轉接型式而定，一般較常用的刀把如端銑刀把、面銑刀把、螺絲攻刀把、筒夾刀把、搪孔刀把、莫斯錐度刀把、鑽頭夾頭刀把、雙切邊搪孔刀桿刀把及直柄刀把等，圖 30 所示為直柄轉接器的外形，圖 31 為張力型轉接器。

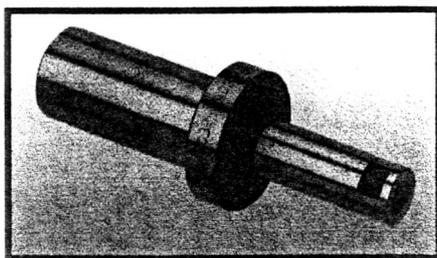


圖 30 直柄轉接器

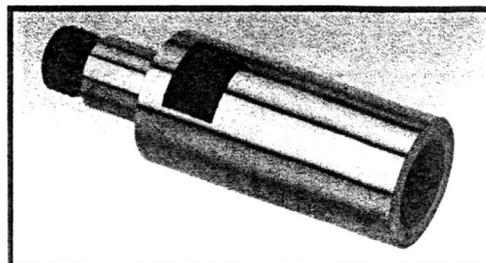


圖 31 張力型轉接器

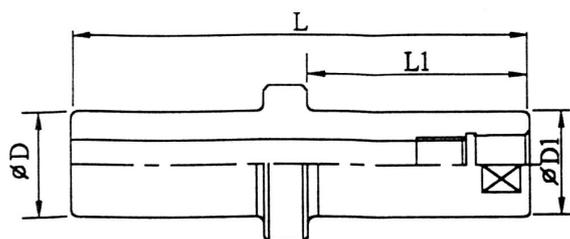


圖 32 直柄轉換器之尺寸

型式	D	D1	L	L1
C32-CAD16	32	17	123	50
-CAD20		20	123	50
-CAD25		25	143	85
-CAD32		32	138	70
-CAD42		42	88	30
-CAD55		55	123	65

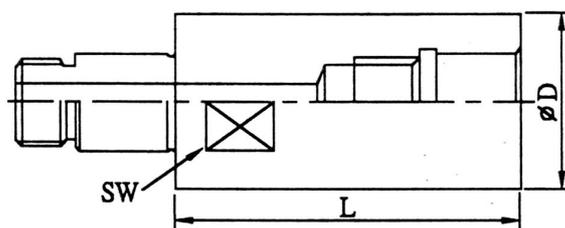


圖 33 張力型直柄轉接器之尺寸

型 式	D	L1
CAD1616- 35	17	35
CAD2020- 35	20	35
CAD2525- 45	25	45
CAD3232- 60	32	60
CAD4242- 80	42	80
CAD5555-105	55	105

(三) 切削中心機刀把及附件之選用

為使 CNC 切削中心機加工更有效率，操作者宜適當選用刀把，事實上購置刀把對工具機廠是一項相當大的投資。在選用刀把時需依下列三個要素來選擇：(1)凸緣型式，(2)電腦數值控制切削中心機主軸錐度號碼，(3)需使用的切削刀具。另外使用在特定加工中心機上的所有刀把需有相同的凸緣型式、錐柄號碼及拉椿，且需與工具機完全適用。圖 34 為直鎖端銑刀把，圖 35 為筒夾系統端銑刀把。

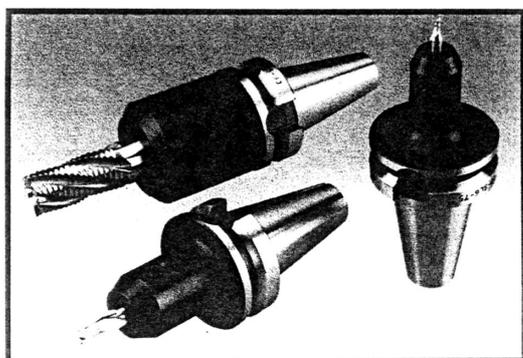


圖 34 直鎖端銑刀把

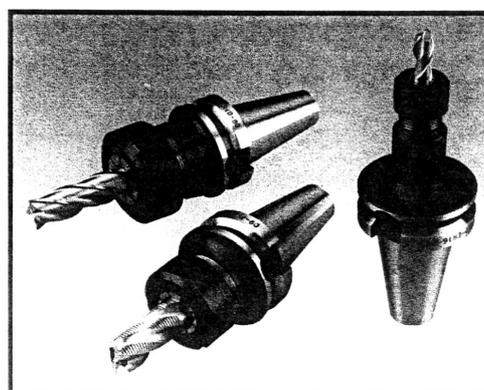


圖 35 筒夾式端銑刀把

圖 36 所示為面銑刀把，主要功用為銑削大平面。若欲攻螺紋則選用如圖 37 所示之攻牙刀把。直柄鑽孔刀把，如圖 38 所示，大直徑之錐柄鑽頭用 刀把如圖 39 所示

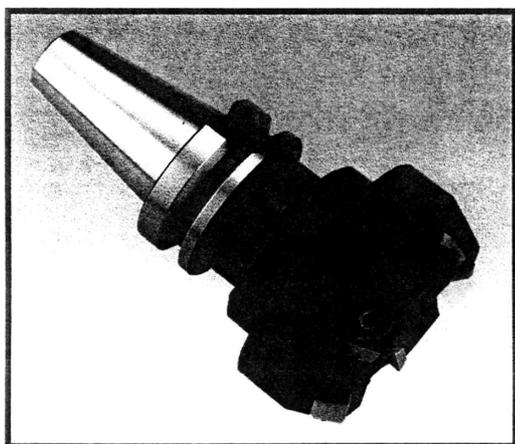


圖 36 面銑刀把

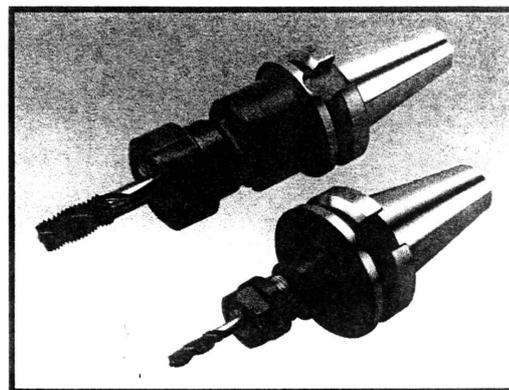


圖 37 攻牙刀把

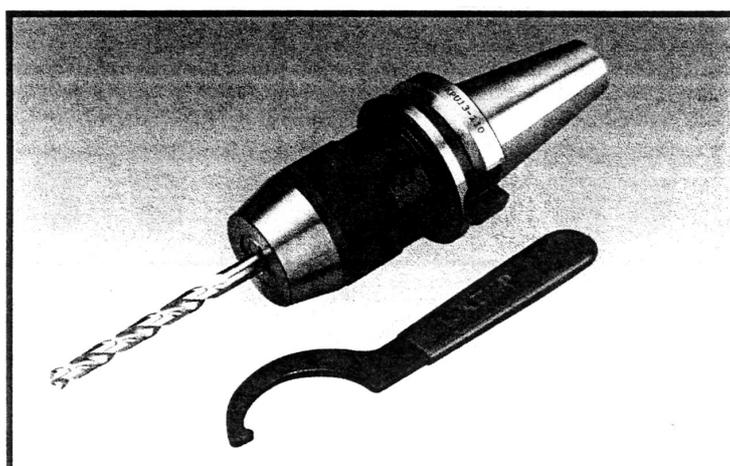


圖 38 鑽孔刀把

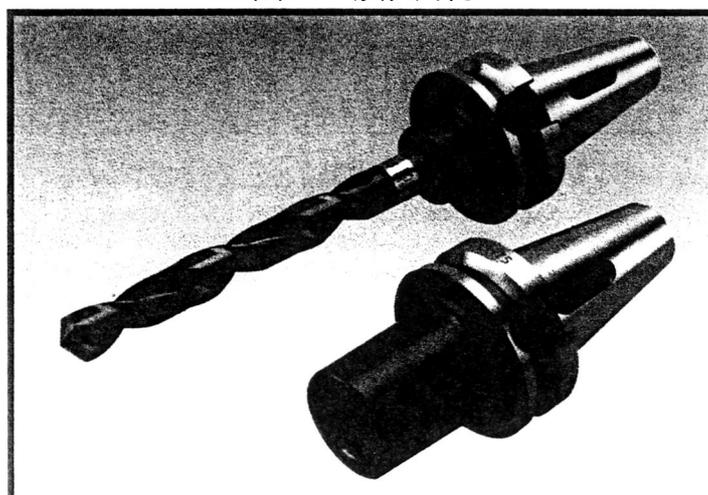


圖 39 莫氏錐度鑽孔刀把

圖 40 及圖 41 所示為搪孔刀把，主要用途為搪孔及精搪孔之加工。

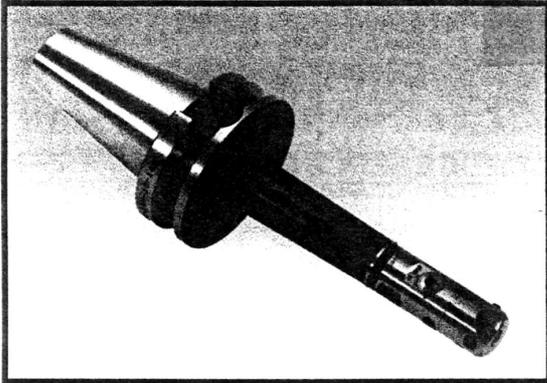


圖 40 精搪孔刀把

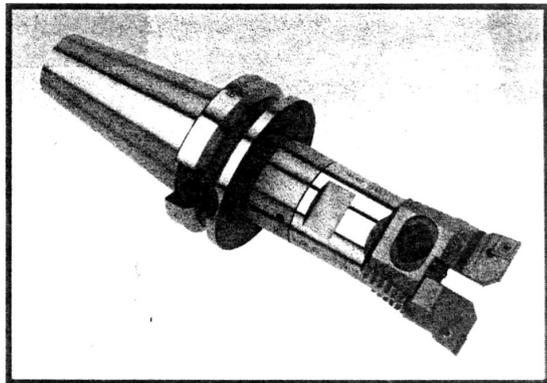


圖 41 雙切刃搪孔刀把

圖 42 所示為夾裝端銑刀之套筒，套筒之形式很多，分為直式及錐度式兩大類，且有不同的多種標準，通常套筒亦必需配合刀把之設計而正確選用。

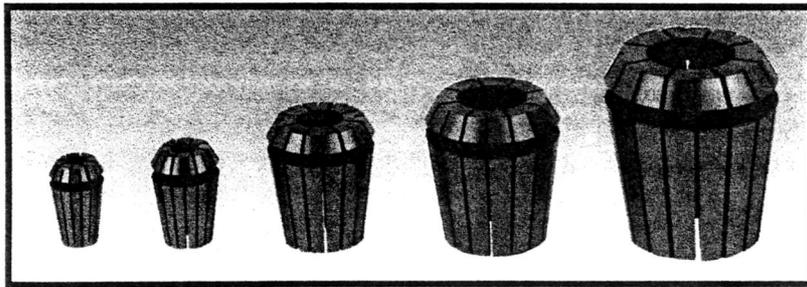


圖 42 彈性套筒

切削中心機拆卸刀把的裝置，如圖 43 及圖 44 所示

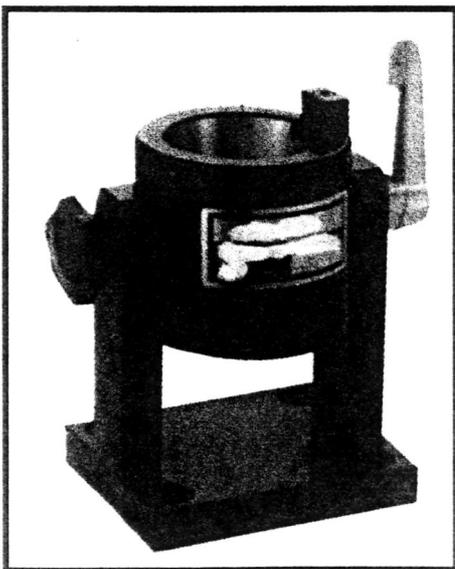


圖 43 簡易型刀把拆卸器

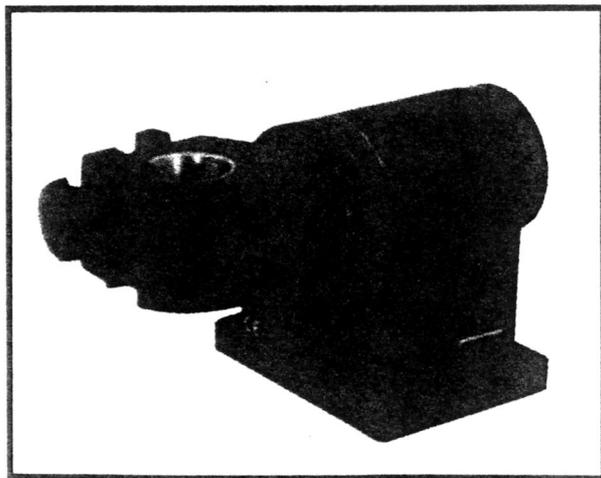


圖 44 強力型刀把拆卸器

圖 45 所示為電腦數值控制切削中心機之刀把系統，供操作者參考。

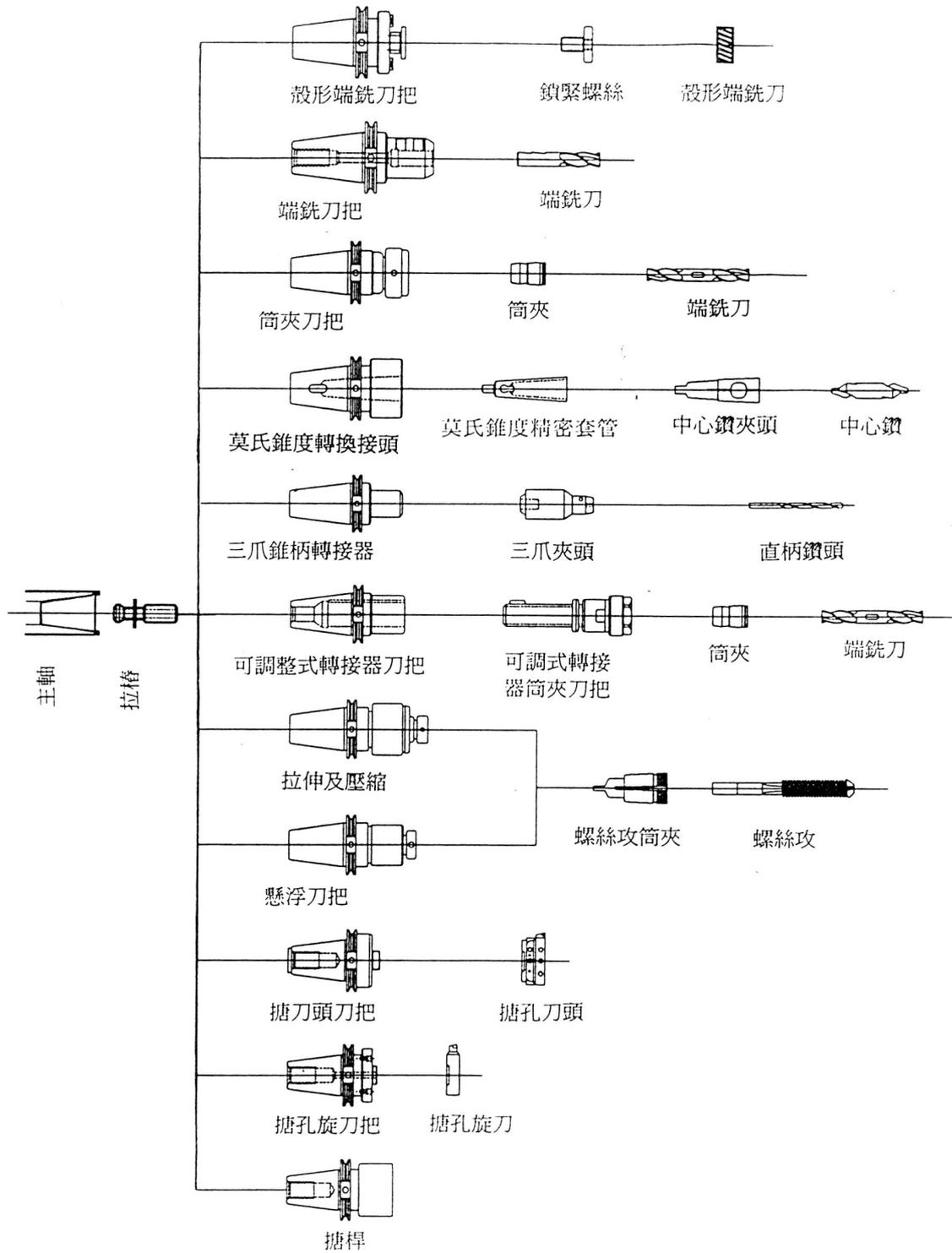


圖 45 切削中心機之刀把系統

學習評量三：

請不要參考任何資料或書籍，回答下列問題。

一、在圖 46 中，填入切削中心機所用之刀把，其基本構件的名稱。

(1) _____

(2) _____

(3) _____

(4) _____

(5) _____

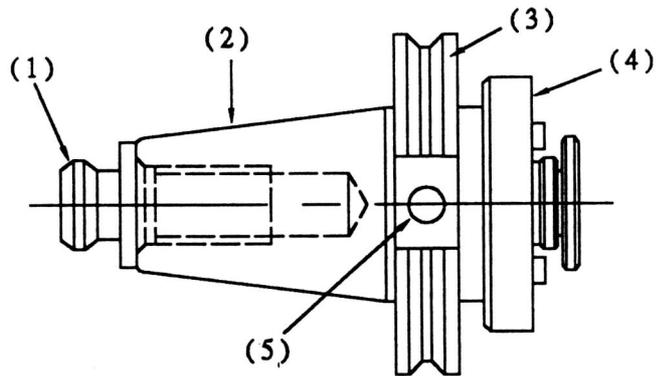


圖 46 刀把之基本構件名稱

二、電腦數值控制切削中心機之刀把，其凸緣有何功用？又凸緣的型式，可分為那兩種型式，各有何特徵，試說明之。

三、任意寫出六種以上，切削中心機之刀把名稱。

筆記欄

學習評量三答案：

你的答案應該包括下列要點：

一、刀把各部分名稱如圖 47 所示。

(1) 拉椿

(2) 錐柄

(3) 凸緣

(4) 轉接器

(5) 對接槽

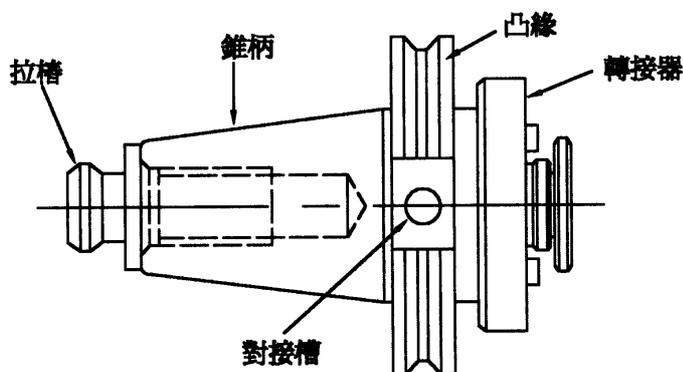


圖 47 刀把之各部分名稱

二、凸緣的功用可使刀具夾持裝置或 CNC 切削中心機主軸方便抓取刀把。電腦數值控制工具機中最常用的凸緣型式有 V 型凸緣及 BT 型凸緣兩種類型。

(一) V 型凸緣刀把適用在美規生產機器，其拉椿使用英制螺紋，且夾持刀具系統亦為英制規格，國內較少使用。

(二) BT 型式的凸緣刀把，其拉椿使用公制螺紋，但其轉接器亦有設計成可容納大範圍之英制刀具的形式，亦有設計成可容納大範圍的公制刀具的形式，我國之 CNC 切削中心機之刀具自動交換系統大都採用 BT 型凸緣刀把。

三、你的答案應該包括下列任意六種：

(一) 殼形端銑刀把

(二) 直鎖端銑刀把

(三) 筒夾式端銑刀把

(四) 面銑刀把

(五) 攻牙刀把

(六) 鑽孔刀把

(七) 莫氏錐度鑽孔刀把

(八) 搪孔刀把

(九) 懸浮刀把

(十) 搪孔頭刀把

假如你的答案與上列之答案重點相似，請翻至下一頁，繼續學習下一個學習目標，假如你的答案不與上列之答案重點相似，則請你翻到第 31 頁再重新詳細閱讀本教材，或閱讀第 61 頁所列之參考書籍，學習到你的答案完全正確，並將第 42 頁的錯誤予以改正，然後翻到第 45 頁，繼續學習下一個學習目標。

學習活動四：

太棒了！現在你對電腦數值控制切削中心機之切削刀具系統及刀把之規格與種類，已能充分了解，請繼續學習本教材的最後一個學習目標。

學習目標：

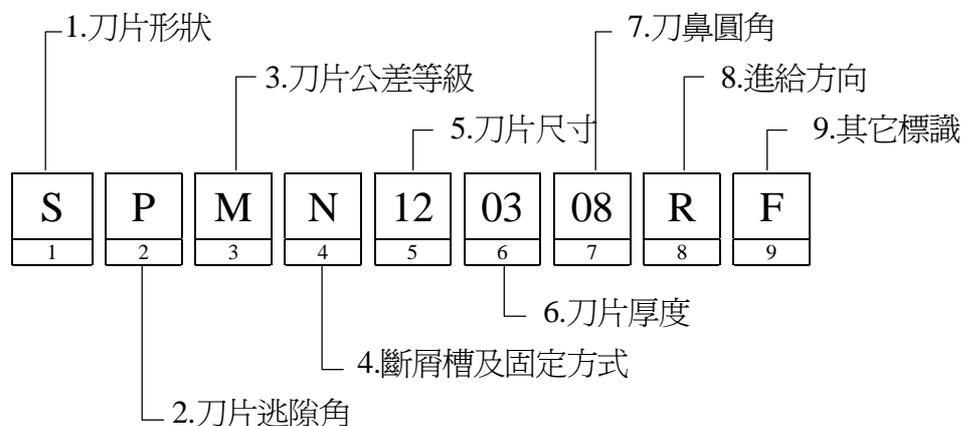
不參考任何資料或書籍，你能夠正確地說出國際標準規格中，捨棄式刀片編號之意義。

假如你認為已具備上述學習目標之能力，請翻至第 52 頁，進行本學習目標之評量，假如你需要更多學習的話，請翻到下一頁，繼續學習。

學習內容：

捨棄式刀片之編號表示方法

捨棄式刀片之編號，在國際標準組織(ISO)規格中，由下列之 1~9 方式所組成，電腦數值控制切削中心機面銑刀之捨棄式刀片的說明，如下所示。



一、刀片形狀記號：

刀片因其形狀及角度不同，英文代表字號亦不同。如圖 48 所示，S 表示刀片為正方形，為面銑刀最常用之捨棄式刀片。

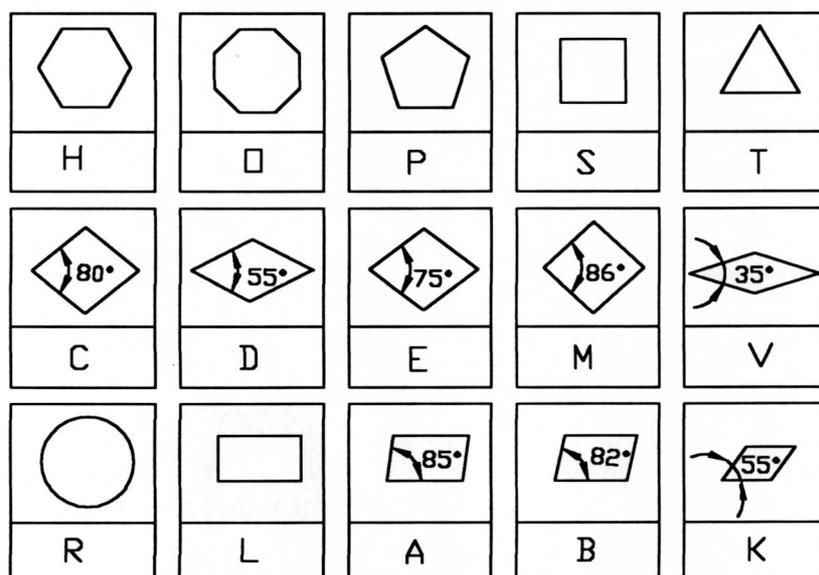


圖 48 刀片之形狀

二、刀片逃隙角記號：

不同材料之加工，刀片之逃隙角亦有所不同。如圖 49 所示，P 表示刀片之前隙角為 11° ，銑削鋁合金之材質，捨棄式刀片之逃隙角宜選擇較大者。

三、刀片外形公差等級記號：

捨棄式刀片之外形尺寸公差，以英文字母分類公差等級，如圖 50 所示，最常用的為 M 級，刀片之外形公差值，如表十一所示。

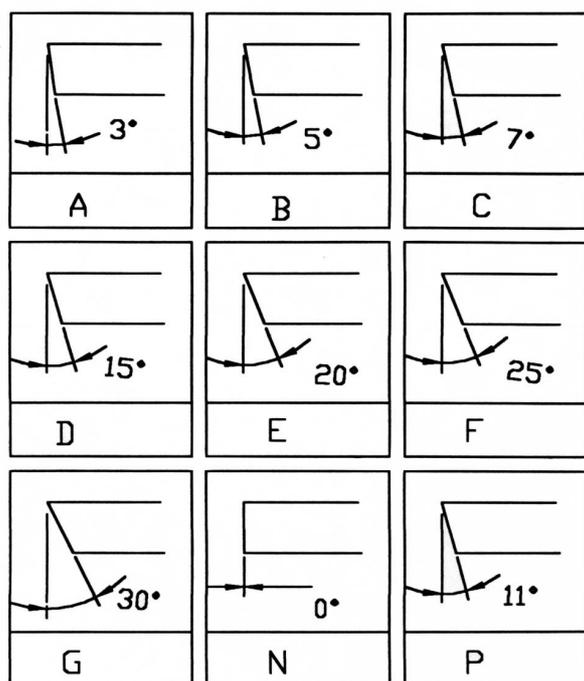


圖 49 刀片之逃隙角

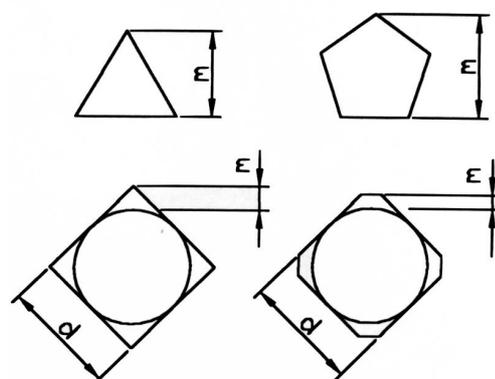


圖 50 刀片之外形公差記號

表十一 刀片之外形公差

代 號	公差值(mm)		
	m	s	d
A	± 0.005	± 0.025	± 0.025
F	± 0.005	± 0.025	± 0.013
C	± 0.013	± 0.025	± 0.025
H	± 0.013	± 0.025	± 0.013
E	± 0.025	± 0.025	± 0.025
G	± 0.025	± 0.13	± 0.025
J	± 0.025	± 0.025	$\pm 0.05 \sim \pm 0.13$
K	± 0.013	± 0.025	$\pm 0.05 \sim \pm 0.13$
L	± 0.025	± 0.025	$\pm 0.05 \sim \pm 0.13$
M	$\pm 0.08 \sim \pm 0.18$	± 0.13	$\pm 0.05 \sim \pm 0.13$
U	$\pm 0.13 \sim \pm 0.31$	± 0.13	$\pm 0.08 \sim \pm 0.25$

四、刀片斷屑槽及固定方式記號：

捨棄式刀片依斷屑槽及固定方式，如圖 51 所示。N 表示刀片無斷屑槽，面銑刀大都採用此類形，而搪孔刀片，則採用有斷屑槽為佳。

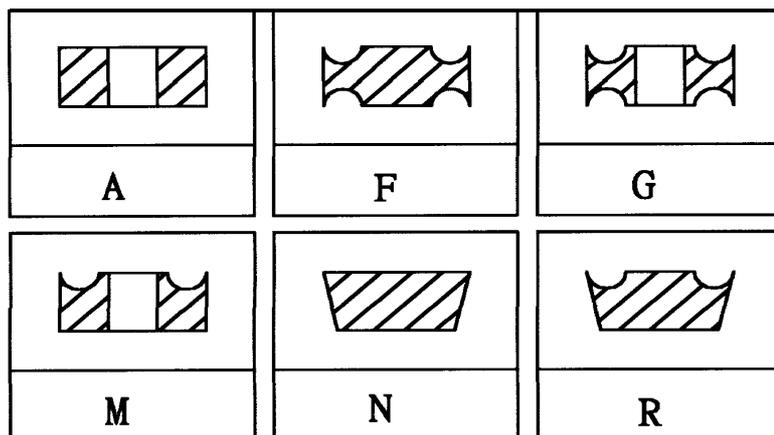


圖 51 刀片之斷屑方式

五、刀片切邊長度記號：

刀片之刀刃切邊長度(l)，12 表示刀片之切邊長度 12mm。如圖 52 所示。

六、刀片厚度記號：

刀片之厚度，分為公制及英制，以較普遍被採用之公制單位而言，03 表示刀片厚度為 3.18mm。如圖 53 所示。

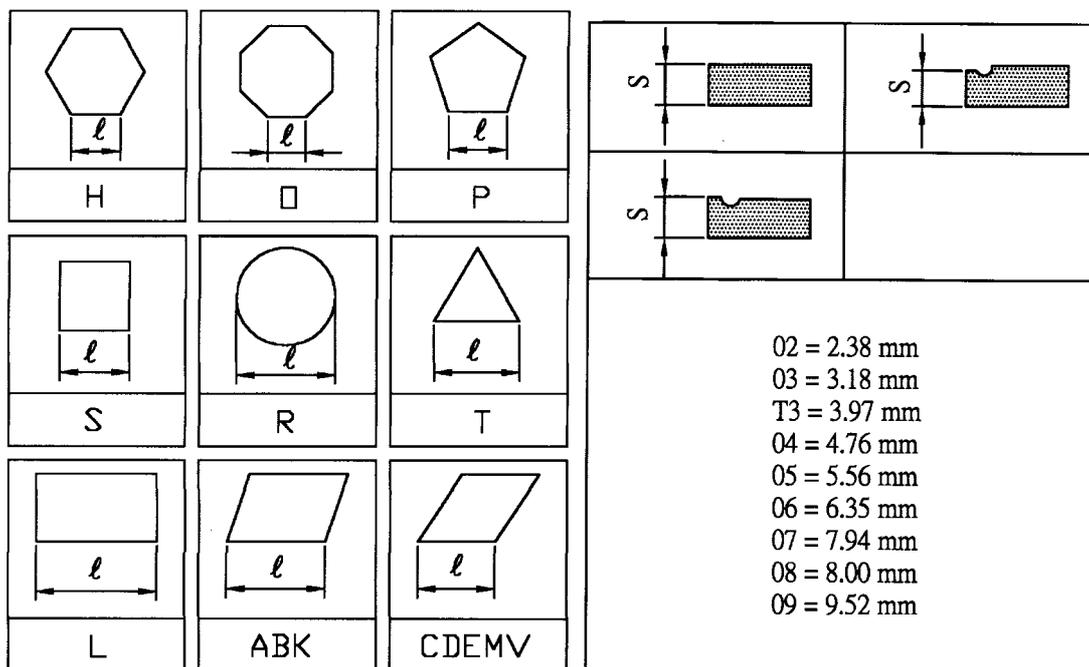


圖 52 刀片之切邊長度

圖 53 刀片之厚度

七、刀片刀鼻圖角記號：

刀鼻圓角半徑，如表十二所示，在公制單位中 08 表示刀鼻半徑約 0.8mm。04 代表刀鼻半徑 0.4mm，一般而言，粗銑削時刀鼻半徑可選擇較大些。

八、刀片切削進給方向記號：

分為 R、L、N 三種，N 表示切削方向為不分方向，R 表示切削方向為右手切削，如圖 54 所示。

表十二 刀片之刀鼻半徑

	刀 鼻 半 徑	
	inch	mm
00	0	0
02	1/128	0.198
04	1/64	0.397
05	-	0.5
08	1/32	0.794
10	5/128	0.992
12	3/64	1.191
16	1/16	1.588
20	5/64	1.984
24	3/32	2.381
25	-	2.5
30	-	3.0

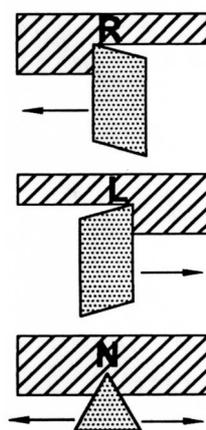


圖 54 刀片之進給方向

九、斷屑槽切邊形狀或其它標識：

此記號有特別之斷屑槽切邊形狀，或其它補充說明，如圖 55 所示。製造刀片之各廠家，有些許不同，操作者選用捨棄式刀片，宜參考製造廠商之刀片目錄。

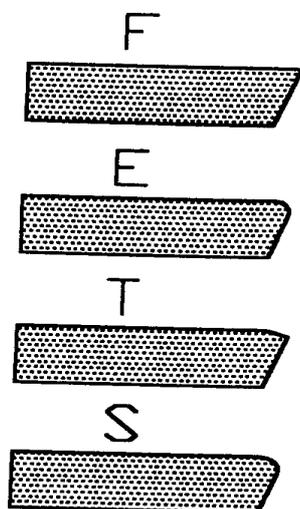


圖 55 刀片切邊前線形式

另舉一種捨棄式刀片說明，此種面銑刀刀片適合精銑削鋁合金材料，其詳細說明如下：

S D H T 12 04 A E F N

S：表示捨棄式刀片之外形為正方形。

D：表示捨棄式刀片之逃隙角為 15 度。

H：表示捨棄式刀片之製造公差為 H 級。

T：表示捨棄式刀片單面有斷屑槽，刀片中間有一小的固鎖孔。

12：表示捨棄式刀片之切邊長度為 12mm。

04：表示捨棄式刀片之厚度為 4.76mm。

A：表示捨棄式刀片之刀尖去角與切邊成 45 度，如表十三所示。

E：表示捨棄式刀片之邊間隙角為 20 度。如表十四所示。

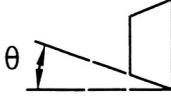
F：表示捨棄式刀片之刀面與間隙角之斷屑槽切邊形狀皆為平的，無任何小斜面或小圓弧角。

N：表示捨棄式刀片之進給切削方向，為不分方向。

表十三 刀尖去角記號


<p>A-45°</p> <p>D-60°</p> <p>E-75°</p> <p>F-85°</p> <p>P-90</p>

表十四 刀片之邊間隙角


<p>A-3°</p> <p>B-5°</p> <p>D-15°</p> <p>E-20°</p> <p>F-25°</p> <p>G-30°</p> <p>P-11°</p> <p>N-0°</p>

本單元學習動四到此結束，你完全理解嗎？假如你仍不甚了解，請由第 45 頁起再詳讀一遍，若仍有困難，可參閱第 61 頁所列之參考書籍或去請教你的老師，假如你已充分了解，請翻至下一頁，進行本學習目標之評量。

學習評量四：

不參考任何資料或書籍，寫出正確的答案

一、寫出捨棄刀片標記的意義？

S P M N 12 03 08 R F

筆記欄

學習評量四答案：

你的答案應包括下列要點：

一、S P M N 12 03 08 R F 捨棄式刀片之說明如下：

S：表示捨棄式刀片之外形為正方形。

P：表示捨棄式刀片之逃隙角為 11 度。

M：表示捨棄式刀片之製造公差為 M 級。

N：表示捨棄式刀片斷屑槽為兩面都沒有斷屑槽。

12：表示捨棄式刀片之切邊長度為 12mm。

03：表示捨棄式刀片之厚度為 03 級，即 3.18mm。

08：表示捨棄式刀片之刀鼻半徑為 0.8r。

R：表示捨棄式刀片之切削方向為右手切削。

F：表示捨棄式刀片之斷屑槽切邊形狀皆為平的無任何小斜面或小圓弧角。

假如你的答案與上述之重點相同，那就是可喜可賀，並請翻至下一頁，進行本單元之學後評量，假如你的答案有不同之處，則請翻回第 45 頁再重新閱讀，或閱讀第 61 頁所列之參考書籍，以以便發現你的錯誤之處，並將錯誤改正，直到完全做對為止，若真還有問題，你可以請教你的老師，直到完全瞭解，然後翻到下一頁做本單元之學後評量。

單元學後評量

現在你已完成本單元所有學習活動，也通過各學習活動之評量，下一頁有一個單元學後評量請你完成，本單元學後評量包括下列各項：

- 一、 相關知識測驗 %
- 二、 學習態度評量 %
- 三、 教師評量

一、相關知識測驗

不要參考任何資料或書籍，用你自己的話正確的寫出答案或計算正確答案。

*是非題 30%

- () 1. 切削速度愈大,即切削效率愈高,故銑削中,可先行調高轉數,試切削後,再行調整適當之轉速。
- () 2. 鑽削之進給係指鑽頭旋轉一圈之進給量若干公厘。
- () 3. 以同一刀具粗銑相同工作時,則刀具的材質較硬者之主軸迴轉數,應以材質較軟者為高。
- () 4. 粗銑削平面之進給量通常均比精銑削時為小。
- () 5. 精銑削時,一般都採取小進刀深度,小進給量。
- () 6. 切削速度,切削深度及進給率三者必需適當配合,才能有高切削效率。
- () 7. 鑽削工作中,主軸每分鐘轉速與鑽頭之直徑成反比。
- () 8. 為使銑削工作表面粗糙度良好,在精銑削時應選用比粗銑削時之進給率為快。
- () 9. 銑削進給率之大小與切削時間毫無關係,但與轉速有關。
- () 10. 為了延長刀具壽命,銑削時應以進刀深度淺,進給率慢為宜。

*選擇題 20%

- () 1. 銑削一中碳鋼圓桿之切削速度，粗切削應較精切削為 (1)高 (2)低 (3)相同 (4)隨意。
- () 2. 外徑 25mm 之碳化物端銑刀，銑削中碳鋼之材料，若銑削速度為 120 公尺/分，則銑刀之迴轉速約為多少 rpm (1)800rpm (2)1000rpm (3)1200rpm (4)1500rpm。
- () 3. 銑床粗削時，需要較大切削深度之毛胚材料為 (1)軟鋼 (2)鑄鐵 (3)鋁合金 (4)快削鋼。
- () 4. 銑削那種材料，不用切削劑 (1)合金鋼 (2)中碳鋼 (3)鑄鐵 (4)易削鋼。
- () 5. 銑床之進給率是指刀具 (1)每分鐘移動若干公厘 (2)每秒鐘移動若干英吋 (3)每分鐘移動若干公尺 (4)主軸每轉一圈移動若干公厘。
- () 6. 一般切削速度之單位為 (1)公尺/分鐘 (2)公厘/分鐘 (3)公尺/秒 (4)公厘/秒。
- () 7. 銑削金屬材料中,下列何者之切削速度較高 (1)黃銅 (2)合金鋼 (3)鑄鐵 (4)軟鋼。
- () 8. 適當之切削速度可以提高刀具之 (1)強度 (2)精度 (3)壽命 (4)切削阻力。

*問答與計算：50%

請不要參考任何資料，回答下列問題

(一) 銑削工作中，切削條件組成的三要素為何？試詳述其意義，並寫出單位。

(二) 面銑刀之斜角規格有那三種形態？並詳述其意義及用途。

(三) 電腦數值控制切削中心機之刀把，其凸緣有何功用？又凸緣的型式，可分為那兩種型式？各有何特徵？試說明之。

(四) 寫出捨棄式刀片標記的意義？

S D M N 12 03 04 R F

(五) 有一支兩刃之端銑刀，銑削快削鋼之切削速度 110 公尺／分，若銑刀之外徑 24mm，每一刃的進給量為 0.06mm，試計算下列之問題

1. 銑刀每分鐘的迴轉速？
2. 床台每分鐘的進給量多少 mm？

二、學習態度自我評量

學習態度評量評量項目	分					數 劣 0
	優 10	良 8	中 6	可 4	差 2	
1.言行舉止合宜，服裝儀容整齊	<input type="checkbox"/>					
2.準時上、下課、不遲到早退	<input type="checkbox"/>					
3.守秩序，不喧嘩吵鬧	<input type="checkbox"/>					
4.服從教師指導，進行學習	<input type="checkbox"/>					
5.上課專心認真	<input type="checkbox"/>					
6.愛惜教材教具及設備	<input type="checkbox"/>					
7.有疑問時主動要求協助	<input type="checkbox"/>					
8.閱讀教材外的講義及參考資料	<input type="checkbox"/>					
9.參與班級教學的討論活動	<input type="checkbox"/>					
10.將學習內容與工廠環境配合	<input type="checkbox"/>					
總計	<input type="checkbox"/>					

我的學習態度得分_____，屬於_____等。

註：1. 等第分類

A=90 分以上

B=80 分以上

C=70 分以上

D=60 分以上

E=60 分以下

三、教師評量

評 分 項 目		得 分	等 第	百分比%	通 過	不通過	備 註
一、相關知識測驗							
二、學習態度							
總 分		通 過		教 師 評 語			
等 第		不通過					

註：1.等第分類

A=90 分以上

B=80 分以上

C=70 分以上

D=60 分以上

E=60 分以下

2.評分項目各分項所佔之百分比，請由指導老師依該單元之特性自行訂定。

參考書籍

- 一、切削刀具學 全華科技圖書公司出版 李阿卻編著
- 二、切削刀具學 全華科技圖書公司出版 洪良德編著
- 三、切削工具學 高立圖書有限公司出版 傅光華編著
- 四、實用機工學 全華科技圖書公司出版 蔡德藏編著
- 五、數控工具機從程式到網路 高立圖書有限公司出版 徐永源編著
- 六、銑床工作法 全華科技圖書公司出版 蘇春雄、沈金旺編著
- 七、能力本位實習教材—銑床工 全華科技圖書公司 林有義編著